

海洋開発及地球科学技術調査研究促進費

地球科学技術特定調査研究

アジアモンスーン機構に関する研究

JAPANESE EXPERIMENT ON ASIAN MONSOON (JEXAM)

(平成元年～平成10年)

(FY 1989～FY 1998)

平成3年度 成果報告書

ANNUAL REPORT

(APRIL 1991～MARCH 1992)

平成4年9月

SEPTEMBER 1992

科学技術庁研究開発局

Research and Development Bureau

Science and Technology Agency

Japan

はじめに

東南アジア・東アジア地域における大規模な季節変動としてよく知られているアジアモンスーンは、インド洋・東南アジア周辺の海洋とチベット・ヒマラヤを始めとしたアジア大陸の地表面が、大気を媒体として熱・水蒸気等の交換により、相互に影響を及ぼし合っている極めて興味深い現象です。その活動の年々変動は、東南アジア地域や、日本を始めとした周辺地域の気候に留まらず、大気大循環を介して世界の気候に大きな影響を与えています。最近、アジアモンスーンの活動の異常は西部熱帯太平洋域の大気・海洋変動を引起し、これが太平洋規模で発生するエル・ニーニョ／南方振動（ENSO）の引き金になっている可能性があるといわれ、この点からも注目されています。しかしながら、これらの地域・海域は、対象域の広さや観測環境の厳しさ等から観測体制が整備されておらず、気象・海象・陸象の基本的な要素に係るデータの収集が必ずしも十分に行われていませんでした。

このため、科学技術庁では、世界の気候を形成する複雑なシステムの一つであるアジアモンスーンの機構解明を目的として、海洋開発及地球科学技術調査研究促進費により、地球科学技術特定調査研究「アジアモンスーン機構に関する研究」に平成元年度より着手致しました。

本報告書は平成3年度に行った研究の成果を取りまとめたものです。今回得られた主な成果は以下のとおりです。

(1) 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究

- ①インド洋における公庁船・商船・漁船・漂流ブイによる海洋及び海上気象観測体制の整備が進みました。また、インド・フィリピン等の国立海洋データセンターの訪問調査により既存資料の掘り起こしを行いました。データ解析の結果、インド洋全体の水温構造がENSOと密接に関係していることが見出されました。
- ②沖縄宮古島においてドップラーレーダー観測を実施し、台風等に伴う大規模対流雲の構造についての貴重なデータが得られました。
- ③衛星データから算出した海面温度・地表面温度・最高気温・雲量のデータベース化及び中国・インド等の降水量データの収集を行いました。

(2) 数値モデルによる実験研究

- ①広域水収支モデルの開発とタイのチャプラヤ川の水文データを用いたモデルの検証を行いました。
- ②海陸分布と地形を単純化したモデルによって夏半球の亜熱帯高気圧への大規模山岳の影響のメカニズムが明らかになりました。
- ③全球気候モデルによる20年分の数値シミュレーションによりインドモンスーン域の強雨域の再現に成功し、降水量の年々変動への水蒸気収束の大きな寄与や、ベンガル湾の降水量や冬季アジアモンスーンと西太平洋の海面水温変動との関連が明らかにされました。

ここで得られた成果が我が国を含むアジア地域における早ばつや長雨といった異常気象発現の予測技術、ひいては世界的規模の気候変動を予測する技術の発展に寄与することを期待致します。

おわりに、本研究に携わられた関係各位の御協力に深く感謝致します。

平成4年9月

科学技術庁研究開発局長
石 井 敏 弘

目 次

Contents

I. 研究計画の概要

Outline of the Study Plan

1. 研究の趣旨	3
General Introduction	
2. 研究の概要	3
Outline of the Study	
3. 研究実施体制	8
Research Items and Institutes	
4. 研究検討委員会	10
Research Steering Committee	

II. 研究成果報告

Result of the Study

1. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究	
Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations	
(1) 海洋に関する観測研究	
Observational Study on the Indian Ocean	
① 表層水温に関する観測研究	15
Observation on Sub-Surface Temperature by Voluntary Ship	
② 海流循環に関する観測研究	37
Observation on Oceanic Current with Drifting Buoys	
③ 海洋データの標準化及び海洋データ交換の推進	44
Standardization of Oceanic Data and Promotion of Exchange of	
Oceanic Data and Information	
(2) 大気・陸面に関する観測研究	
Observational Study on Air-Sea-Land Surface Interactions	
① 広域エネルギー収支に関する観測研究	59
Observation on Regional Surface Heat Budget	
② チベット・ヒマラヤにおける水文変動に関する観測研究	80
Observation on Hydrology over the Tibetan Plateau and	
Himalayas	

③ 大規模雲域内における対流雲構造に関する観測研究	84
Observation of Structure of Convective Cloud in the Large-scale Cloud Systems	
(3) 衛星データの解析研究	
Analysis of Satellite data	
① モンスーン循環広域条件及び雪氷変動状況に関する解析研究	94
Analysis on Environmental Conditions and Snow-Ice Cover Changes Affecting to Monsoon Cycle in Asia	
② 大規模大気・海洋変動に関する解析研究	103
Analysis of Large-Scale Atmosphere/Ocean Variations	
③ 地球放射収支に関する解析研究	109
Analysis of Earth Radiation Budget in Relation to Asian Monsoon	
(4) 地域水収支に関する解析研究	116
Analysis of Water Balance for Representative River Basins in Asia	
(5) 大気・海洋・陸面間の相互作用に関する解析研究	
Analysis of Air-Sea-Land Interactions	
① モンスーン降水系の解析	121
Analysis of Precipitation Systems in Asian Monsoon Region	
② モンスーン循環系の総合的解析	129
Comprehensive Analysis of Asian Monsoon Circulation System	
2. 数値モデルによる実験研究	
Theoretical/Experimental Study by Numerical Simulations	
(1) 広域水収支モデルの開発に関する研究	136
Numerical Study on Regional Water Balance Model in Asia	
(2) 季節内変動とアジアモンスーンの関連に関する実験研究	142
Numerical Study concerning Relationship between the Intraseasonal Oscillations in the Tropics and the Asian Monsoon Phenomena	
(3) 大規模モデルによる大気・海洋・陸面間の相互作用に関する実験研究	157
Numerical Study on Air-Sea-Land Interactions in a Monsoon by GCM	
Ⅲ. 観測・解析研究ディレクトリー	163
Directory of Observation/Analysis Data Set	

I. 研究計画の概要

Outline of the Study

I. 研究計画の概要

1. 研究の趣旨

アジアモンスーンは、インド洋・東南アジア周辺の海洋とチベット・ヒマラヤを始めとしたアジア大陸の地表面が、その熱的特性の相違により大気を媒体とした熱・水蒸気等の交換を通じて、それぞれ相互に影響を及ぼし合う結果、東南アジア・東アジア地域における季節的な現象として発現している。その活動の年次の変動は、東南アジア地域や、日本を始めとした周辺地域の気候の変動に大きな影響を及ぼすばかりでなく、大気大循環変動を介して世界の気候にも大きな影響を与えている。また最近、アジアモンスーンの活動の異常は西部熱帯太平洋域の大気・海洋変動を引き起こし、これが太平洋規模で発生するエル・ニーニョ／南方振動の引き金となっている可能性があるという研究報告もあり、この点からも注目する必要がある。しかしながら、これらの地域・海域は、対象域の広大さや観測環境の厳しさ等から観測体制が整備されておらず、気象・海象・陸象の基本的な要素に係るデータの収集が必ずしも十分に行なわれているとは言えない。

従って、アジアの一員であり、アジアモンスーンの直接的影響を受け、大気・海洋観測の十分なポテンシャルを有する我が国が、世界の気候を形成する複雑なシステムの一つであるアジアモンスーンの機構を解明するため長期的・総合的な研究を実施することが緊要となっている。本研究を実施することにより、我が国を含むアジア地域における早ばつや長雨といった異常気象発現の予測技術のみならず、世界的規模の気候変動を予測する技術の発展に寄与することが期待される。

本研究は、以上の様な状況を踏まえて、

- (1) 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測的研究
- (2) 数値モデルによる実験的研究

を行なう。

2. 研究の概要

- (1) 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析的研究

1) 海洋に関する観測的研究

- ・東南アジア域及びインド洋を航行する公庁船、商船及び漁船により海洋表層水温の通年観測を行なう。
- ・インド洋に漂流ブイを放流し、大規模海流循環の通年観測を行なう。
- ・上記で取得した海洋データの標準化、データベース化を促進する。またインド洋観測情報交換システムを構築し、取得データを交換する。

2) 大気・陸面に関する観測的研究

- ・商船委託によりインド洋から東南アジア周辺に至る海域での海上気象・高層気象観測及びウインドプロファイラーにより下層大気の観測を行い、大気・海洋間のエネルギー収支を見積もる。
- ・チベット地域における気象状態及び陸面状態の観測を行ない、大気・陸面間のエネルギー収支を見積もる。
- ・海洋・大気間の熱収支に係わる熱帯域大規模対流雲の構造をドップラーレーダー等により3次元的に観測する。

3) 衛星データの解析的研究

- ・極軌道地球観測衛星資料をデータベース化し、広域的な水文変動に係る大気・海洋・陸面状態の解析を行なう。
- ・日本とインドの静止気象衛星資料をデータベース化し、大規模雲域変動等の解析を行なう。
- ・極軌道気象衛星資料をデータベース化し、モンスーン変動が地球放射収支に及ぼす影響を解明する。

4) 地域水収支に関する解析的研究

- ・中国・日本等の代表流域の水文・気象データを収集し、水収支解析を行う。

5) 大気・海洋・陸面間の相互作用に関する解析的研究

- ・①～④で取得されたデータ及び当該地域で定常的に入手できるデータを標準化し総合的に利用する方法を開発する。
- ・上記のデータにもとづき、モンスーン循環系を総合的に解析する。

(2) 数値モデルによる実験的研究

1) 広域水収支モデルの開発に関する研究

- ・チベット、インドから東南アジアに至る地域を中心として、熱エネルギーの輸送に大きく係わる広域水収支を定量的に把握するためのモデルを開発する。

2) 季節内変動とアジアモンスーンの関連に関する実験的研究

- ・熱帯における30～60日周期の季節内変動がアジアモンスーンに及ぼす機構について数値モデルを用いた実験を行なう。

3) 大規模モデルによる大気・海洋・陸面間の相互作用に関する実験的研究

- ・大気・陸面状態の長周期変動に対する海洋変動の影響を解明するため、大気大循環モデルや大気・海洋結合モデルを用いた数値実験を行なう。

I. Outline of the Study Plan

1. General Introduction

Asian Monsoon is caused by the thermal contrast between the Indian Ocean and surrounding oceans, and the land surface of Asian Continent. These two land and ocean areas interact with each other through the exchange of the heat and moisture. Its consequence is observed as a seasonal phenomenon in the regions of Southeast Asia and East Asia, including Japan.

The year-to-year variation of the Asian Monsoon has a significant influence not only on the climate through the global atmospheric circulations. Furthermore, it is recently reported that the anomalous activities of the atmospheric/oceanic variations over the tropical western Pacific which, in turn, trigger the El Nino/Southern Oscillation events over the whole Pacific Ocean.

Through it is recognized that Asian Monsoon plays an important role in the global climate system, its mechanism has not yet been made clear. This is mainly attributable to the fact that the atmospheric and oceanographic data are sparse over those regions due to the technical difficulties in the observations and the insufficiencies of conventional observation network.

Japan, as a member of the Asian countries, is situated under the direct influence of the Asian monsoon and has a capability to conduct the atmospheric and oceanographic observations. Therefore, it is an important role of Japan to carry out the research projects for the study on Asian Monsoon in cooperation with the countries such as China and India.

This project is expected to make a contribution for the improvement of the long-range forecast of the global climate change as well as the forecasting technique of the unusual weather, such as drought and long spell of rain.

Based on the understandings as mentioned above, Science and Technology Agency (STA) of Japan has launched this ten-year research project since April 1989 on following items;

(1) Study on the air-sea-land interactions and their long-term variations.

(2) Experiment by the use of numerical models

2. Outline of the Study

(1) Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

1) Observational Study on the Indian Ocean

- To observe sub-surface temperature throughout the year by voluntary, official, commercial and fishing ships over the Southeast Asia and the Indian Ocean.
- To observe large-scale oceanic current throughout the year by drifting buoys over the Indian Ocean.
- To standardize and construct a database of the oceanic data and promote a data exchange. To construct an information exchange system concerning to the observation in the Indian Ocean.

2) Observational Study on Air-Sea-Land Surface Interactions

- To promote a maritime meteorological observation by voluntary commercial ships and estimate an energy budget of the atmosphere-ocean interaction.
- To observe weather and land surface conditions over the Tibetan area and estimate an energy budget of the atmosphere-land interaction.
- To observe three-dimensional structures of the tropical convective clouds related to the heat budget of the atmosphere-ocean interaction by wind profiler and Doppler radar.

3) Analysis of Satellite Data

- To construct a database of the polar orbiting earth observation satellites and make an analysis of the atmosphere-ocean-land situations related to the large scale hydrological variations.
- To construct a database of the Japanese and Indian satellites and make an analysis of the large-scale cloudiness changes.
- To construct a database of Earth radiation budget through the polar orbiting meteorological satellites and make an analysis of an effect of the monsoon variation.

4) Analysis of Water Balance for Representative River Basins in Asia
- To collect daily hydro-meteorological data over the Yangtze River basin and make an analysis of the long-term variations.

5) Analysis of Air-Sea-Land Interactions

- To standardize the data obtained by the experimental and routine observations and develop their general utilization.
- To make a comprehensive analysis of the monsoon circulation by the use of the standardized data.

(2) Theoretical/Experimental Study by Numerical Simulations

1) Numerical Study on Regional Water Balance Model in Asia

- To develop numerical models for the investigation of the large-scale hydrological budget over the Tibet, India and Southeast Asia related to the heat transport.

2) Numerical Study concerning Relationship between the Intraseasonal Oscillations in the Tropics and the Asian Monsoon Phenomena

- To perform numerical experiments of the effect of intraseasonal 30-60 day variation on Asian monsoon.

3) Numerical Study on Air-Sea-Land Interactions in a Monsoon by GCM

- To perform numerical experiments by the atmosphere-ocean coupled model for the investigation of the effects of oceanic conditions on the long-term variation of the atmosphere-land condition.

3. 研究実施体制

Research Items and Institutes

研 究 項 目 Research Items	担 当 機 関 Research Institutes
I 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究 Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations 1. 海洋に関する観測研究 Observational Study on the Indian Ocean (1) 表層水温に関する観測研究 Observation on Sub-Surface Temperature by Voluntary Ship (2) 海流循環に関する観測研究 Observation on Oceanic Current with Drifting Buoys (3) 海洋データの標準化及び海洋データ交換の推進 Standardization of Oceanic Data and Promotion of Exchange of Oceanic Data and Information 2. 大気・陸面に関する観測研究 Observational Study on Air-Sea-Land Surface Interactions (1) 広域エネルギー収支に関する観測研究 Observation on Regional Surface Heat Budget (2) チベット・ヒマラヤにおける水文変動に関する観測研究 Observation on Hydrology over the Tibetan Plateau and Himalayas (3) 大規模雲域内における対流雲構造に関する観測研究 Observation of Structure of Convective Cloud in the Large-scale Cloud Systems	水産庁 遠洋水産研究所 Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency 気象庁 海洋気象部 Marine Department, Japan Meteorological Agency(JMA) 海上保安庁 水路部 Hydrographic Department, Maritime Safety Agency(MSA) 海上保安庁 水路部 Hydrographic Department, MSA 気象庁 気象研究所 Meteorological Research Institute(MRI/JMA) 郵政省 通信総合研究所 Communications Research Laboratory(CRL), Ministry of Posts and Telecommunications 科学技術庁 防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NRIESDP), Science and Technology Agency(STA) 気象庁 気象研究所 MRI/JMA 科学技術庁 防災科学技術研究所 NRIESDP/STA

研 究 項 目 Research Items	担 当 機 関 Research Institutes
3. 衛星データの解析研究 Analysis of Satellite data (1) モンスーン循環広域条件及び雪氷変動状況に関する解析研究 Analysis on Environmental Conditions and Snow-Ice Cover Changes Affecting to Monsoon Cycle in Asia (2) 大規模大気・海洋変動に関する解析研究 Analysis of Large-Scale Atmosphere/Ocean Variations (3) 地球放射収支に関する解析研究 Analysis of Earth Radiation Budget in Relation to Asian Monsoon 4. 地域水収支に関する解析研究 Analysis of Water Balance for Representative River Basins in Asia 5. 大気・海洋・陸面間の相互作用に関する解析研究 Analysis of Air-Sea-Land Interactions (1) モンスーン降水系の解析 Analysis of Precipitation Systems in Asian Monsoon Region (2) モンスーン循環系の総合的解析 Comprehensive Analysis of Asian Monsoon Circulation System	科学技術庁 防災科学技術研究所 NRIESDP/STA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA 科学技術庁 防災科学技術研究所 NRIESDP/STA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA 気象庁 予報部 Forecasting Department/JMA
II 数値モデルによる実験研究 Theoretical/Experimental Study by Numerical Simulations 1. 広域水収支モデルの開発に関する研究 Numerical Study on Regional Water Balance Model in Asia 2. 季節内変動とアジアモンスーンの関連に関する実験研究 Numerical Study concerning Relationship between the Intraseasonal Oscillations in the Tropics and the Asian Monsoon Phenomena 3. 大規模モデルによる大気・海洋・陸面間の相互作用に関する実験研究 Numerical Study on Air-Sea-Land Interactions in a Monsoon by GCM	科学技術庁 防災科学技術研究所 NRIESDP/STA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA
III 検討委員会の開催等 Research Steering Committee	科学技術庁 研究開発局 Research and Development Bureau STA 気象庁 気象研究所 MRI/JMA

4. 研究検討委員会
Research Steering Committee

委員名 (Membership)	所 属 (Affiliation)
委員長 浅井 富雄 Chairman: Prof. Tomio Asai	東京大学海洋研究所長 Ocean Research Institute, University of Tokyo
委員 安藤 正 Member : Mr. Tadashi Andoh	気象庁海洋気象部海洋課調査官 Oceanographical Division, Marine Department, Japan Meteorological Agency
大塚 伸 Mr. Shin Ohtsuka	気象庁気象研究所台風研究部長 Typhoon Research Division, Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency
幾志 新吉 Dr. Shinkichi Kishi	科学技術庁防災科学技術研究所先端解析技術研究 部長 Advanced Measurement and Analysis Division, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Science and Technology Agency
工藤 達也 Mr. Tatsuya Kudo	気象庁予報部長期予報課予報官 Long Range Forecast Division, Forecast Division, Japan Meteorological Agency
河野 秀雄 Mr. Hideo Kohno	水産庁研究部研究課研究管理官 Research Division, Research Department, Fisheries Agency
小林 俊一 Prof. Shun'ichi Kobayashi	新潟大学積雪地域災害研究センター教授 Research Institute for Hazards in Snowy Areas, Niigata University
住 明正 Prof. Akimasa Sumi	東京大学気候システム研究センター教授 Center for Climate System Research, University of Tokyo
竹内 謙介 Prof. Kensuke Takeuchi	北海道大学低温科学研究所教授 Institute of Low Temperature Science, University of Hokkaido
中村 健治 Dr. Kenji Nakamura	郵政省通信総合研究所関東支所地球環境計測研究室長 Earth Environment Section, Kashima Space Research Center, Communication Research Laboratory, Ministry of Posts and Telecommunications
新田 勲 Dr. Tsuyoshi Nitta	東京大学気候システム研究センター教授 Center for Climate System Research, University of Tokyo
菱田 昌孝 Mr. Masataka Hishida	海上保安庁水路部海洋調査課長 Ocean Surveys Division, Hydrographic Department, Maritime Safety Agency
水野 恵介 Dr. Keisuke Mizuno	水産庁遠洋水産研究所海洋・南大洋部低緯度域海洋 研究室長 Far Seas Fisheries Research Laboratory, Fisheries Agency
安成 哲三 Prof. Tetsuzo Yasunari	筑波大学地球科学系教授 Institute of Geosciences, University of Tsukuba

委員名 (Membership)	所 属 (Affiliation)
山形 俊男 Prof. Toshio Yamagata	東京大学理学部地球惑星物理学教室 Faculty of Science, University of Tokyo
山田 修 Mr. Osamu Yamada	海上保安庁水路部海洋情報課長 Director, Japan Oceanographic Data Center, Hydrographic Department, Maritime Safety Agency
和田 智明 Mr. Tomoaki Wada	科学技術庁研究開発局地球科学技術推進室長 Office of Earth Science and Technology, Science and Technology Agency of Japan

Ⅱ．研究成果報告

R e s u l t o f t h e S t u d y

I. 大気を媒介にした海陸相互作用及び長期変動に関する観測・解析研究

Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variation

1. 海洋に関する観測研究

Observation in the Indian Ocean

(1) 表層水温に関する観測研究

Observation on Sub-Surface Temperature by Voluntary Ships

水産庁 遠洋水産研究所

水野恵介・行縄茂理・渡邊朝生

National Research Institute of Far Seas Fisheries
Fisheries Agency

Keisuke Mizuno, Mori Yukinawa and Tomowo Watanabe

(ABSTRACT)

Based upon COADS sea surface wind data and Levitus data and historical temperature/depth data, annual cycle and interannual variability of 100m temperature in the Indian Ocean were studied. It is suggested that the quatorial area off Sumatola become cooler in maximum period of El Nino Event, and warmer in the following year.

On the otherhand, XBT observations crossing the equator in the eastern Indian Ocean were conducted. And voluntary commercial fishing vessels installed by compact BT data were obtained in the western equatorial Indian Ocean.

1. 研究目的

アジアモンスーンは、大気を媒介にした海陸相互作用であり、インド洋及び東南アジア海域の表層水温分布や海流系の季節変動の駆動源となっており、この海域は南西・北東季節風季で海流系が大洋規模で一変するという他の大洋にない特徴をもっている。アジアモンスーンは強い季節性の他に年々の変動も存在し、それは太平洋で発現するエル・ニーニョやラ・ニーニャ現象に、強く関連していることが指摘されている。モンスーンが大気を媒介とした海陸相互作用である限り、その変動を調べるためにはインド洋の海洋条件、特に大気との相互作用が行なわれる表層の変動を把握しておくことが必要である。しかしながら、インド洋における観測は他の大洋に比べ著しく少ない現状にあり、アジアモンスーンとの関係やその影響を量的に評価するために必要な海洋変動の把握は十分でない。よって、まずインド洋及び東南アジア海域での広域に亘る表層の水温・塩分構造を継続的に観測して、その変化を把え、長期変動機構を解明することが本研究の目的である。これまでインド洋における我が国の長期に亘る恒常的な観測網としては、水産関係の地方公庁船（水産高校実習船）のまぐろ類資源調査時に実施される海洋観測がある。この観測網を充実・強化するとともに、新たにインド洋全域に亘って

稼働している日本のまぐろはえなわ漁船やその他の水産関係機関にも委託観測を実施してこの海域の組織的な海洋観測網を強化・拡充する。

さらに、既往のデータからインド洋の表層水温構造の季節・経年変動を明らかにする。昨年度までに、インド洋全域の表面水温の変動を調べ、特に経年変動の主要な時空間変動パターンはインド洋全体が高／低温化し、それはエンソシグナルにやや遅れるが強い相関をもつことを明らかにした。今年度はインド洋全域について、下層水温の季節・経年変動を調べるとともに、海上風の変化も調べた。

2. 既往資料の解析

(1) 研究方法

用いた海上風、水深／水温、資料について以下にのべる。

<LEVITUS データセット>

LEVITUS (1982) データセットは米国気候データセンター (NODC) による水温、塩分および溶存酸素量のデータをもとにまとめられた1900年から現在までの全世界海洋データである。データは $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ごとに配されており、海面から5500m深まで全33層における各層データが格納されている。

本研究ではインド洋における100m深水温の変動特性を明らかにするため、このLEVITUSデータセットにおける100m深の水温データを用いた。対象範囲は水温・深度 (BT観測) データと同様に $40^{\circ} \text{S} \sim 20^{\circ} \text{N}$, $40^{\circ} \text{E} \sim 130^{\circ} \text{E}$ である。

<海上風データ>

海上風データとして、COADSの磁気テープファイルに格納されている海上風のデータを用いた。データは $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ ごとに配されている。またデータは、1946年～1988年までの43年間の統計値データである。対象範囲は風の影響を広範囲に捕らえるため $40^{\circ} \text{S} \sim 40^{\circ} \text{N}$, $20^{\circ} \text{E} \sim 140^{\circ} \text{E}$ とした。この43年間のデータの平均を月毎に算出し、海上風データの気候値として用いた。

<水温／水深 (BT観測) データ>

主に上記の水産関係機関で実施されたまぐろ資源調査の海洋観測資料 (BT, 各層観測, XBT, DBTによる水温・深度データ) を用いた。この他にもJODCで収集された水深／水温データを加えて統一した形式とし、重複や不良資料の除去処理等の品質管理 (船位報告の誤り, および一定の海域内での水温値の頻度分布を参照した異常水温値等の除去) を施して水温・深度のデータセットを作成した。

(2) 研究成果

①. 100m深水温の季節変動特性

COADSデータセットとLEVITUSデータセットとにより、海上風と、100m深水温の月毎の気候値を算出し、各々の月毎の分布図を作成した (Fig.1およびFig.2)。この水温分布図 (Fig.2) で陰影部は 25°C 以上の高温域、格子部は 20°C 以下の低温域を示す。まず、インド洋の南部 (20°S 以南) の水温は年間を通じて 20°C 以下の低温である。この 20°S 付近の 20°C の

等温線は、インド洋西部のモザンビーク海峡と東部のオーストラリア西部で南下している。マダガスカル東岸では、南赤道海流 (South Equatorial Current; SEC) が分岐し、一部はマダガスカル東岸沿いに流れ、暖水を南に輸送するため (Stequert and Marsac, 1989) 等温線が南下するものと思われる。一方、オーストラリア西岸では南西モンスーン期には 20°C の等温線が 30°S 付近まで南下している。この時期には、オーストラリア西岸を南向するレーウィン海流 (Leeuwin Current) があり暖水がより南部にまで輸送されるため、等温線が南へ下がるものとみられる。

熱帯海域では年間を通してみると、温度分布は基本的には等温線が緯度線と平行になりがちで、南北方向の温度傾度が大きい。しかしながら、東西方向の温度差もかなり顕著である。一般に西部で低温、東部で高温となっており、太平洋赤道域における水温分布 (西部で高く、東部で低い) とは異なるものである。 $15 - 20^{\circ}\text{S}$ 付近にはほぼインド洋全体にわたって高温帯 ($23 - 25^{\circ}\text{C}$) があり、この赤道の前線が南赤道海流に相当し、これは通年存在する。また、 $5 - 10^{\circ}\text{S}$ 付近を中心に低温帯があり特に西側で発達している。この赤道側の前線が東流する南赤道反流に相当する。この前線は、インド洋西部までは及ばない。また、蛇行がみられ、その位置や強さに季節変化がありそうである。最近のモデルによる研究 (Woodberry et al. 1990) では、この海流は、その北側で逆流する赤道上の流れや、その南側の南赤道海流とのシアゾーンで発生するロスビー波の影響によって幾つもの分枝流を持つことが報告されているが、このような不安定な様子が Fig. 2 に現れているのかもしれない。水温分布パターンは、季節により異なるが、5 - 6月と10 - 11月にインド洋東岸のスマトラ沖の高温域の発達が顕著にみられる。モンスーン移行期に東向する赤道ジェット流 (Equatorial Jet: Wyrtki 1973) の影響がみられる。以下、インド洋における100m深水温分布の季節変動について、海上風 (Fig. 1) も参考にしながら検討する。

ア. 北東モンスーン期 (12 - 3月)

インド洋において12 - 3月は北東モンスーン期にあたり、赤道以北 (東アフリカ沿岸では 10°S 付近まで) では北東風が卓越する (Fig. 1)。

100m深水温分布を検討すると、12 - 2月までは一般に、インド洋西部赤道域 (東アフリカ沿岸) では $0^{\circ} - 10^{\circ}\text{S}$ にかけて $40 - 80^{\circ}\text{E}$ までの広範囲にわたり水温が低温 (20°C 以下) となる。さらに、12 - 1月にはソマリア半島に沿って 10°N 付近にまで低温域が達している。しかし、3月にはこの 20°C 以下の低温域は東向し、 $70 - 90^{\circ}\text{E}$ 付近のインド洋中央部に移動している。この時期西部インド洋の北緯側ではインド半島からアラビア海にかけて高温となり、前線が発達し北赤道海流が発達しているのがわかる。一方、インド洋東部赤道域 (スマトラ西岸) は 25°C 以上の高温域であるが、月ごとに変化している。12月から1月にかけて赤道以北で 85°E 付近にまで伸び暖水の西側への輸送がみられる。これは北赤道海流が形成されるため効率良く輸送されるものと思われ、西に輸送されたと思われる暖水が2、

3月にかけてアフリカ東岸の赤道付近に現れている。同時に供給源であるスマトラ沖の暖水は2,3月には縮小している様子が見られる。

また、この期間にはアンダマン海においても 20°C 以下の低温域がみられるが、これは北東季節風によって沿岸域に湧昇があるためと思われる。

イ. モンスーン移行期 (4～5月)

この時期はモンスーン休止期にあたり、3月までの北東モンスーン期とは風系が異なっている (Fig.1)。南半球の南東貿易風以外は一般に風が弱く風向も一定ではない。しかし、赤道上は系統的に西風となっており、このため海流系においては赤道域で”赤道ジェット流 (Equatorial Jet)”と呼ばれるモンスーン休止期特有の東向流が生じる (Wyrтки 1973)。このジェット流は赤道上を西風が吹くことにより誘起される。すなわち、エクマン輸送により赤道上に暖水が集められ、さらに赤道外から赤道付近へ集められた海水は渦度保存の法則により西向きの流速成分が大きくなって効率良く東から西へ赤道上を海水が輸送される。

この時期の100m深水温をみると、4月はスマトラ沖は低温であるが、5月には 25°C 以上の暖水が出現しており赤道ジェットに伴う東部赤道域への暖水の輸送が明らかである。

ウ. 南西モンスーン期 (6～9月)

6月には南西モンスーンが吹き出す (Fig.1)。この南西風は赤道以北にみられ、南東貿易風帯が赤道を越えコリオリ力により右旋回し、その延長にあたるソマリア沿岸で強化され、この部分がソマリー・ジェットといわれている。

南西モンスーン期の開始に対応して、海流系にも変化が生じる。ソマリア沿岸は大気のジェット流により同沿岸を北へ流れる強い海流”ソマリー海流 (Somali Current)”が卓越する。7月以降のソマリアからアラビア半島沿岸にかけて湧昇を示す 20°C 以下の低温域が顕著でこれにともない沿岸と平行な水温前線ができ北向きの流れが形成されていることがわかる。アラビア海では 25°C 以上の暖水の渦が形成されており (8-9月)、これらは南西風のため表面の海水が収束して形成されたものと思われる。またインド半島南部では特に8-9月に低温になっているが、この海域では西風となるため、湧昇が起っているものと考えられる。

赤道以北ではインド洋東部のスマトラ沖では6月には 25°C の暖水が残っているがこの暖水の先端は赤道上に細く西側へ伸びており、蓄積された暖水は赤道上を西に向かう過程が実際にあるのかもしれない。7月以降は、スマトラ沖の暖水は縮小に向かい、9月には 25°C の高温域は消滅している。

エ. モンスーン移行期 (10～11月)

この期間は、南西モンスーンから北東モンスーンへの移行期で、南半球の南東貿易風以外は一般に風が弱く風向も一定ではない。しかし、4月同様赤道域は西風となっており赤道海域では赤道ジェット流が形成される。

この時期の100m深水温をみると、10月にはすでにスマトラ沖に25℃の暖水域が形成されており、風に対する海洋の応答はかなり速そうである。11月には25℃以上の暖水が赤道付近を西に移動しているのがわかる。

② 100 m 深水温の経年変化

前節のようにインド洋における100m深水温は、風系の変化により季節的に変動することがわかるが、年々の変化もエル・ニーニョとの関連を調べるために重要である。前節のように月別の気候値であれば、既往資料によってかなり詳しく調べることができるが、経年的変化についてインド洋全体を既往の資料を使って調べるには年毎に十分な資料が必要であるためかなり困難である。しかし、ここではできる限り資料を集めて検討してみた。用いた資料は上述の水温／水深（BT観測）データセットである。

前年度の表面水温の経年的変化の検討から、インド洋の表面水温の時空間的変動パターンはエル・ニーニョと高い相関をもっていた。風系の年々の変化があれば表層の水温構造にもその影響が現れるはずである。よって、近年太平洋においてエル・ニーニョが発現した年（1972～73, 1976～77, 1982～83年）と、その前後年について、エル・ニーニョのピークとなる1～2月に関して100m深水温分布を作成した（Fig. 3）。各図とも資料が少ないため、緯経度1度毎の格子点を配置し、これを中心に緯経度2×5度の範囲で平均値を求めて格子点値を計算し、3ヶ以上資料がない場合は欠測とした。以下に各年の水温分布を赤道付近を中心に検討していく。

72年は東部は20℃以下の水温帯が卓越し、西部はスマトラ沖も赤道付近の北緯側に20℃以下の水温帯が細く伸びている。エル・ニーニョのピークにあたる73年にはスマトラ沖の低温域が大きく広がり、アフリカ東岸には20℃以下の低温帯は見られない。74年は、太平洋はラ・ニーニャになっているが、インド洋においてスマトラ沖は25℃以上の暖水におおわれて、アフリカ沖が20℃以下になっている。73年とその翌年とは対象的な水温分布になっていることがわかる。

76, 77年はスマトラ沖のデータがなく東部海域の状況は不明であるが、アフリカ東岸を比較すると、76年は20℃の低温帯が現れており、77年は25℃と高温になっている。78年はデータが少なくここでは検討の対象にできなかった。

82～84年はアフリカ沖のデータがなく東部のみが示されている。82年は赤道付近に20℃の水温帯があり、これは72年の状況と似ている。83年と84年は対象的で、83年には20℃の低温帯が赤道付近の南緯側を占めているが、84年（ラ・ニーニャ年）はスマトラ沖は25℃の高温水におおわれている。これは73, 74年と一致している。

以上の3例をみると、エル・ニーニョのピーク時にはインド洋の赤道海域はスマトラ側で低温になり、アフリカ沖では高温になる傾向があるようである。また、ラ・ニーニャ時にはスマトラ沖が高温になるようである。

(3) 考察

季節変化については、100m深水温によってインド洋全域の表層の変化パターンがかなり明瞭に表われているものと思われる。

東部インド洋の赤道からそれ以南で東西に低気圧性ジャイアは北側の南赤道反流、南側の南赤道海流を形成するためその変動はインド洋熱帯域の変動にとって重要である。また、スマトラ沖の暖水域の消長は、赤道ジェットや南西季節風による西向きの海水の輸送による蓄積、北赤道海流による流出の他にも、赤道上的様々な波動が重要であろう、これは、モデルとの比較でさらに検討が必要であろう。

経年変化については、昨年度海面水温がエルソと高い相関を持って変化していることを示したが、100m深水温においてもインド洋全体の上層の水温構造がエルソと関係していることが示唆された。ただし、表面水温がエルソシグナルに対して、全域ではほぼ同位相で変化している（前年度報告書）のに対し、100m深では赤道帯の東西で逆位相の変化が起きているようである。ただし、この結果は2・3のエル・ニーニョ例で得られたものであり今後の詳細な検討が必要である。下層水温資料は充分でなかったため、来年度はデータベースを充実させて、特に経年変化を追及する。また、太平洋の影響を直接海水の輸送を通して受ける、インドネシア諸島周辺水温構造の変化も詳細に検討する必要がある。

3. 観測網の展開

(1) 研究方法

昨年度と同様に東部インド洋ではセーシェルを中心に周年行動する、海洋水産資源開発センターの日本丸に依頼してXBT観測を行ない、西部インド洋では90°E線の赤道横断XBT観測を公庁船4隻（えひめ丸；宇和島水高 11/2～6，愛知丸；三谷水高 11/19～22，進洋丸；宮崎水高 6/25～28，船川丸；船川水高 11/19～22）に依頼した。この他、まぐろ延縄漁船に簡易型BTを配備して観測を依頼した。また、オーストラリア沿岸ではあったが照洋丸（水産庁）も観測を行なった。Fig. 4に観測点を示す。

(2) 研究成果

スマトラ北端沖から南にはほぼ90-95°E線に沿って4隻の官公庁船によって、赤道横断南北連続観測を実施したが、これらの観測線上において、5°N～5°Sの間は緯度で30海里間隔、5°S以南は60海里間隔を原則として観測点を設定して観測を行なった。4つの鉛直断面をFig. 5に示す。観測時期はCが6月、A、BおよびD断面は11月である。A、B、Dは断面はよく似ている。特にA、Dはほぼ同時期で、赤道付近の構造は良く似ており、南北緯2度付近の表層混合層のやや下100-150m深に躍層の強い傾きが見られ、赤道ジェットの存在を示している。表層混合層はいずれも28℃である。6°S付近では躍層が浅くなっており（ただしDは測線が斜になっているためや

や不明瞭であるが) この北側が南赤道反流, 南側が南赤道海流に対応する。昨年同期(前年度報告書図10, 11)と比較すると表層混合層は10-20m程度浅くなっている。6月(C)は, 表層混合層が赤道付近で30℃を越え, 6月の長期平均表面水温がスマトラ沖の赤道付近で29℃以上の暖水が出現している(前年度報告書図2)ことと一致する。

一方, まぐろはえなわ漁船は, インド洋を広域に行動しており, これらの漁船に観測を依頼して資料収集をはかってきた。近年航海が長期化しており, 資料の回収に時間を要したが, 1989-90年の2隻分(第18長久丸, 第3竜神丸)の資料が回収され, 200点を越える資料が集まった。なお, セーシェルを中心に西部インド洋で実施されたXBT資料は未着である。

(3) 考察

スマトラ沖の海洋構造は既往資料の解析からも, インド洋の表層水の東西の輸送がはっきり現れる場所であり力学的にも重要な海域であろうと思われる。季節変動・経年変動も大きく, エンソシグナルもあるようなので, 90°E線赤道横断観測は重要な情報を与えるものと思われる。これまでの3年間ではやや例が少ないので更に長期的に継続する必要がある。

漁船による観測資料は解析できなかったが, 観測は順調に実施されていることが確認できた。主にアラビア海の赤道付近で観測されており, 現在未着の日本丸(海洋水産資源開発センター)のXBT資料と併せれば西部インド洋赤道海域もかなりカバーされ得る。

《 参考文献 》

Stequert, B. and F. Marsac (1989): Environmental conditions of the Indian Ocean. p. 32-63. In: Tropical tuna-surface fisheries in the Indian Ocean, FAO Fisher. Tec. Pap., Vol. 282, Ed. Stequert and F. Marsac, Rome.

Wyrtki, K. (1973): An equatorial jet in the Indian Ocean. Science, Wash., 181: 262-264.

Woodberry K., M. E. Luther and J. O'Brien (1989): The wind-driven seasonal Circulation in the Southern Tropical Indian Ocean. J. Geophys. Res., 94, 17985-18002.

図の説明

図 1 . C O A D S データによる, 月別海上風ベクトル.

Figure 1. Monthly mean sea surface wind field (COADS).

図 2 . 月別 1 0 0 m 深水温分布 (°C) .

Figure 2. Monthly long-term mean temperature at 100m depth.

図 3 . エル・ニーニョ年前後の 1 - 2 月の 1 0 0 m 深水温分布.

Figure 3. Bimonthly T100maps for January -February for recent El Nino years with those for the previous and following year.

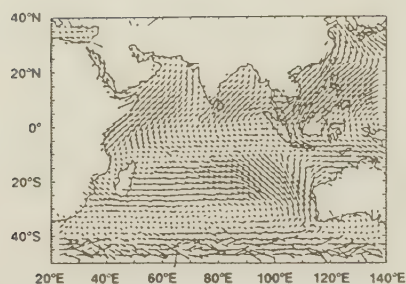
図 4 . 平成 3 年度に実施された X B T および B T 観測点. A - D は赤道横断観測線, 実施した船名は図中に示す.

Figure 4. Geographical distribution of XBT observation conducted in 1991. Ship name which conducted cross equator XBT observation along A-D are shown in the figure.

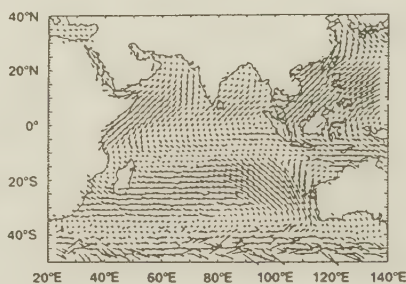
図 5 . A - D 線に沿う水温鉛直断面.

Figure 5. Vertical section of temperature along Line A-D.

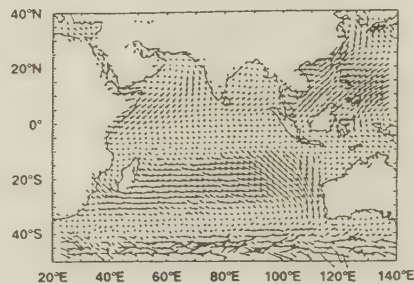
COADS MONTHLY MEAN WIND SEA SURFACE FIELD IN THE INDIAN OCEAN



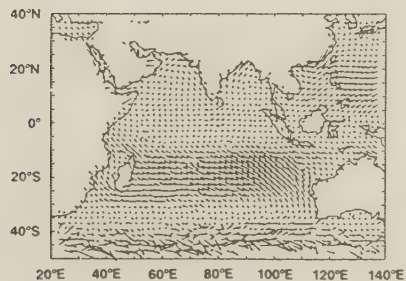
JAN.



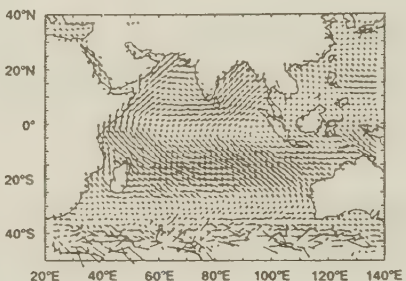
FEB.



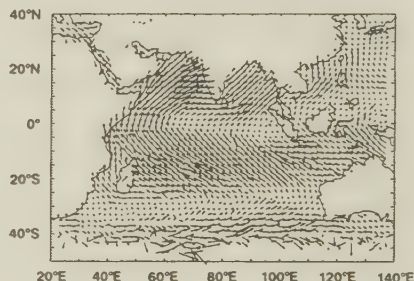
MAR.



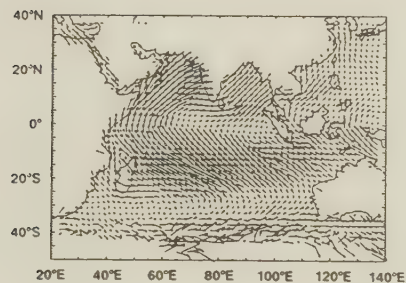
APR.



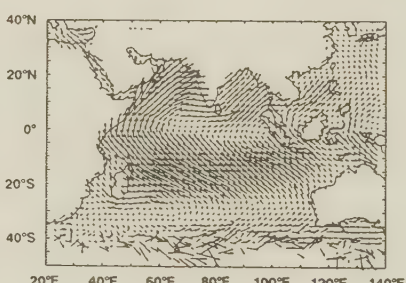
MAY



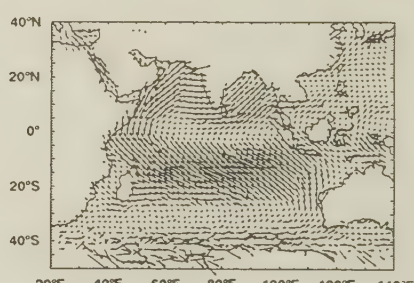
JUNE



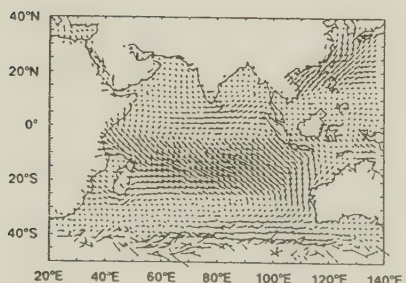
JULY



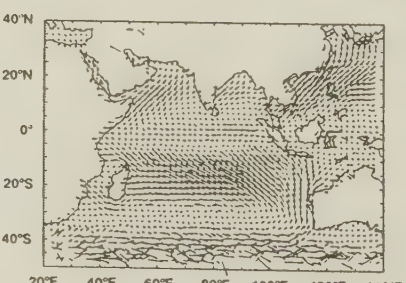
AUG.



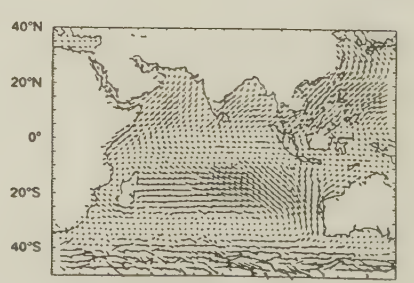
SEP.



OCT.



NOV.



DEC.

Figure 1

MONTHLY LONG-TERM MEAN TEMPERATURE AT 100 METER DEPTH

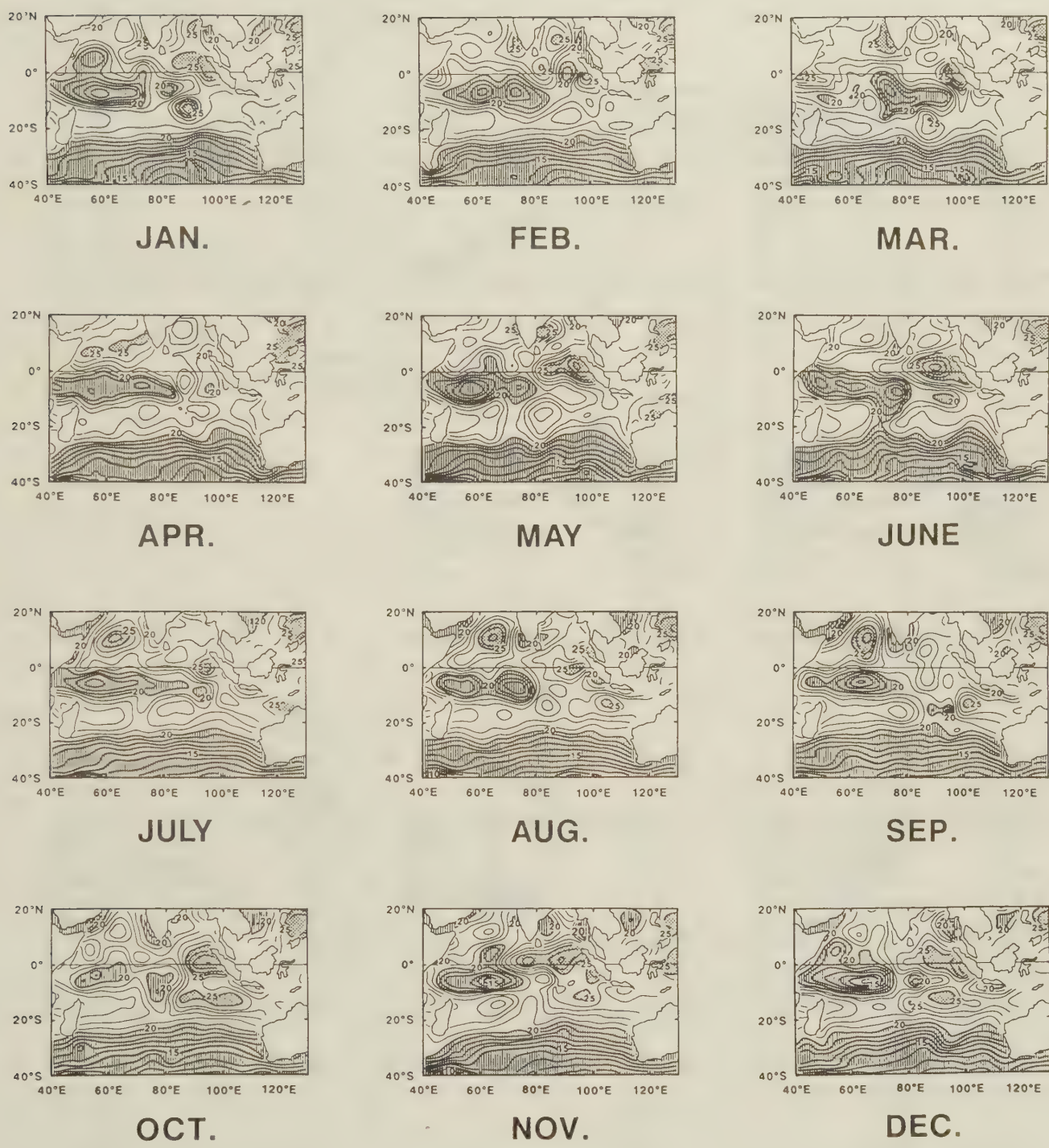


Figure 2

BI-MONTHLY T-100 MAPS OF THE INDIAN OCEAN
BEFORE AND AFTER EL NINO EVENTS IN THE PACIFIC

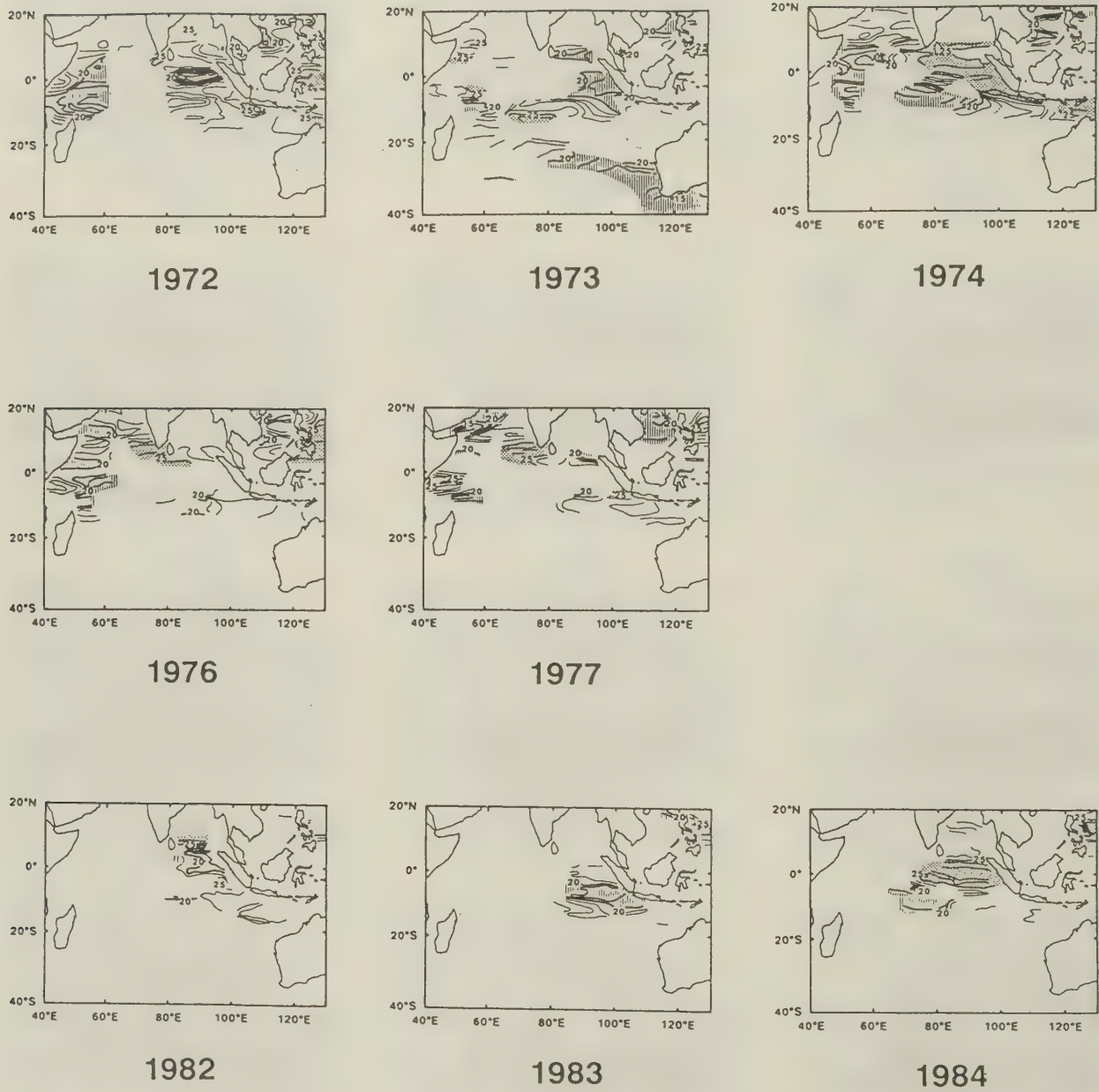


Figure 3

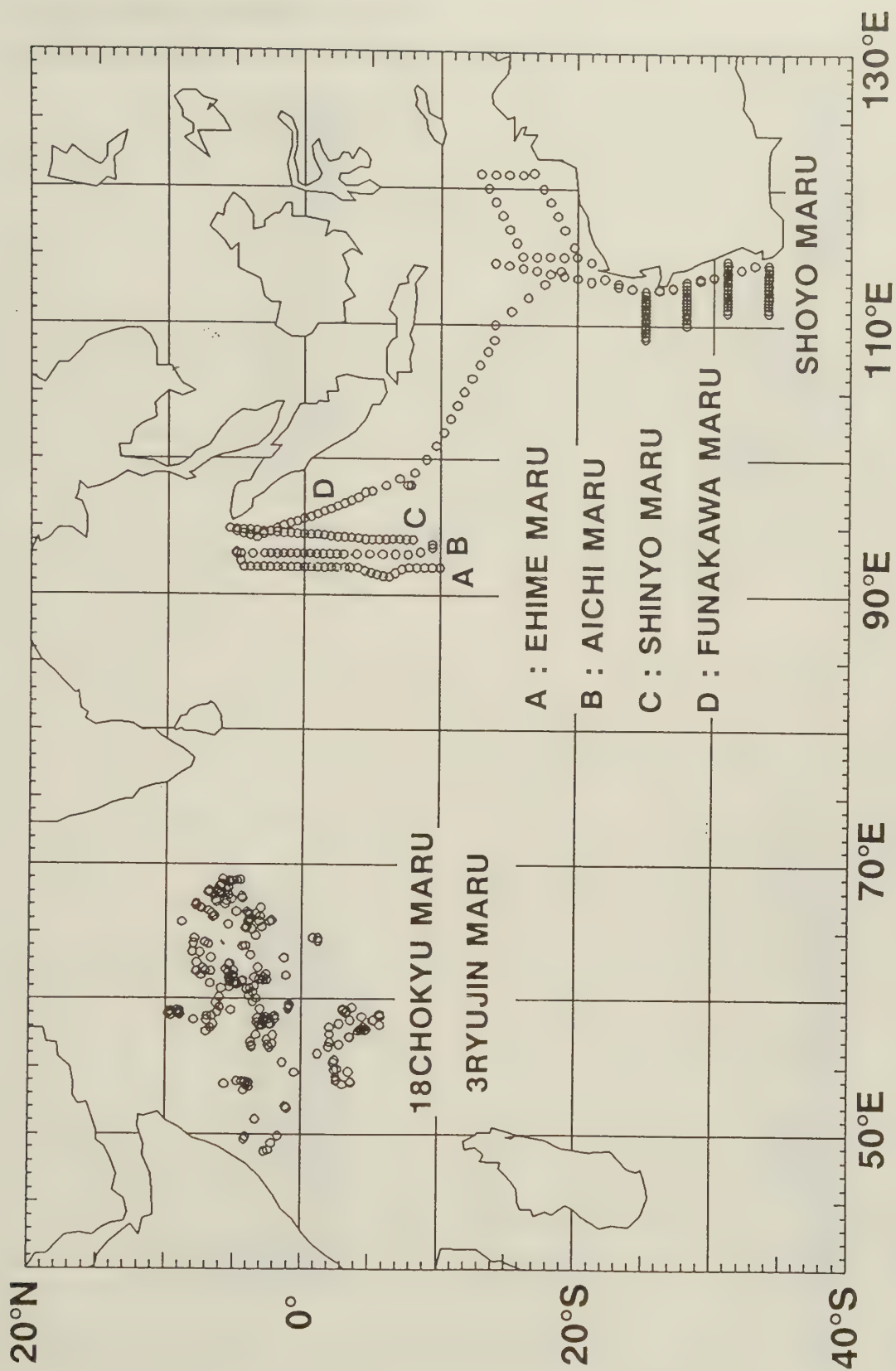


Figure 4

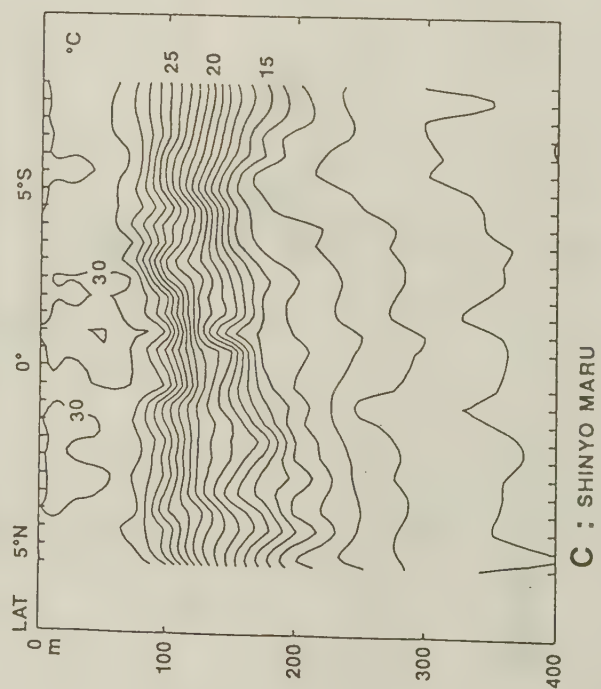
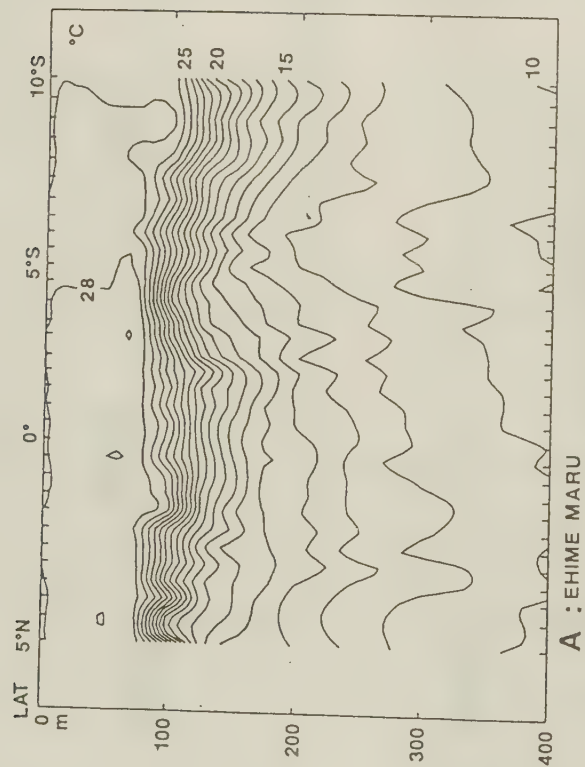
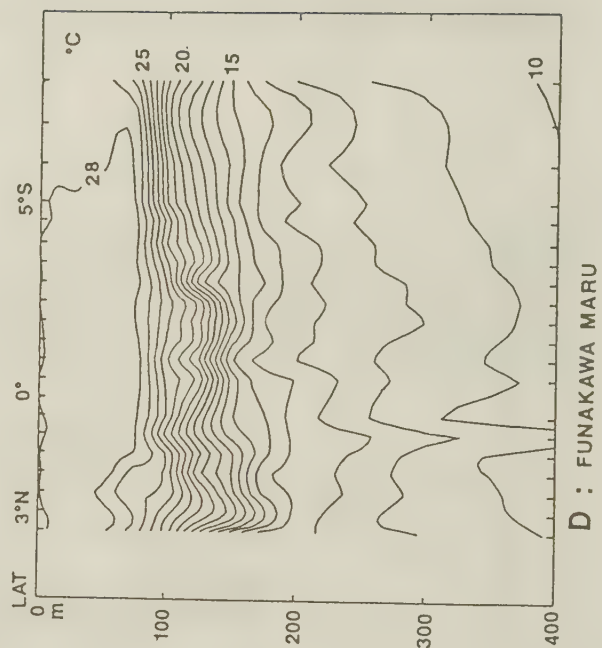
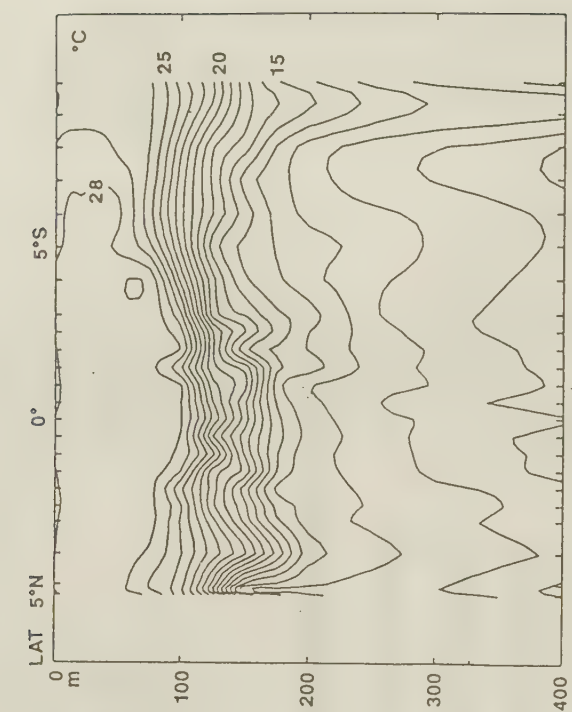


Figure 5

(1) 表層水温に関する観測的研究 (商船)

Observation on Sub-Surface Temperature by Voluntary Ships (Merchant Ships)

気象庁海洋気象部

網野正明、安藤 正、吉田 隆、野崎 太、熊本真理子

Marine Department, Japan Meteorological Agency

M. Amino, T. Ando, T. Yoshida F. Nozaki and M. Kumamoto

(Abstract)

Voluntary ships were recruited to observe subsurface temperature with XBT in the Indian Ocean. One is a crude oil tanker operating between Japan and the Persian Gulf and observation is ongoing since October, 1990. Another is a cargo carrier recruited cooperatively by Japan Meteorological Agency and ORSTOM, Brest, which has been observing between Malacca Strait and Cape of Good Hope since February, 1990.

XBT data collected via GTS including those of the crude oil tanker as well as monthly mean sea surface temperatures (SSTs) are analyzed to investigate annual and interannual variation of subsurface waters along the main ship route, from Malacca Strait to the Gulf of Aden via off Sri Lanka, in the tropical northern Indian Ocean.

In the southern Arabian Sea, the depth of the 20°C isotherm (D20), the motion of which is considered to be a proxy for overall thermocline motion, generally declines westward and changes annually, but the phase is almost reverse between eastern (near 75°E) and western (near 60°E) areas. The slope in D20 is stronger during the summer monsoon than winter. During the summer monsoon, D20 is shallowest (shallower than 100m) in the east and deepest (deeper than 140m) in the west, while during the winter monsoon, D20 is deepest (deeper than 120m) in the east and shallowest (shallower than 120m) in the west. The range of annual variation in the southeastern Arabian Sea varies interannually.

Although semiannual change in SST is more dominant to the west along the route, it is not clear in D20.

1. 研究目的

インド洋から東南アジア周辺にかけての海域は、アジアモンスーンの舞台であり、さらに、全世界の気象に大きな影響を及ぼすエルニーニョ現象の消長と密接な関連があると考えられており [1、2]、近年、その海洋構造の把握、アジアモンスーンとの関係並びにエルニーニョ現象との関係の解明が望まれている。しかしながら、インド洋から東南アジア周辺にかけての海洋観測は非常に少なく、海況の把握が十分に行われていない。

本研究項目では、我が国とインド洋との間を往復する商船に、表層水温観測装置と、その観測結果を気象衛星を経由して通報する装置を搭載して、インド洋・東南アジア周辺海域における表層水温観測データを取得するとともに、全球気象通信網 (GTS回線) を通して全世界の気象機関にこれらのデータを配信する。GTS回線を通して得られる他機関による表層水温データと併せ、これらの海域の表層海況を解析し、モンスーン変動と関係した季節変動・年々変動の特性等を解明する。さらに、これらのデータのデータベースを構築し、他の研究項目による、アジアモンスーン機構の研究に供する。

2. 研究方法

日本～オマーン及び日本～西アフリカを航行する商船（タンカー1隻及び貨物船1隻）に、表層水温観測を委託した。両船の航路を図1に示す。

「鹿島山丸」による観測は1990年10月より開始した。本船は国際エネルギー輸送株式会社が運航する13万トンの原油タンカーである。約50日毎に日本とペルシャ湾を往復するため、月毎のデータが入手できる。当面1日4回、約100マイル毎の観測を委託しており、海域は南シナ海（110°E以東）、ベンガル湾及びアラビア海に及ぶ。「鹿島山丸」による日本～オマーン間の観測は、1990年10月中旬から92年3月までに20回（10往復）行われた。

また、フランスのORSTOM海洋研究所と協力し、東南アジア～アフリカ西海岸を往復する貨物船「Delmas Tourville」（1991年5月に「C.R. Pointe-Noire」から改称）にも同様の委託をした。こちらはマラッカ海峡～喜望峰を約4か月毎に往復する。フランス側が表層水温の観測装置及びデータ伝送装置を整備し、気象庁は投下式の水温センサー部であるXBTプローブを提供している。1990年2月にテスト運用を行い、4月より本格的に1日4回の観測を開始した。データはGTS回線に入力されるとともに、詳細なデータを収録したフロッピーディスクは本船がレ・ユニオン島（マダガスカル島沖）に寄港する際に回収され、ORSTOM海洋研究所を経由して気象庁に送付されている。

「Delmas Touville」によるマラッカ海峡～喜望峰間の観測は、1990年4月から92年1月までに14回（7往復）行われた。

「Delmas Touville」では1991年3月以降、装置のトラブル等により、また「鹿島山丸」でも時折生じる装置の不調により有効な観測点数が減少し、航路に沿った水温断面図が作成できない場合が増えた。そこで、気象庁海洋課で解析している月平均の海面水温とともに、インド洋の主要航路の一つであり一部「鹿島山丸」の航路でもある、マラッカ海峡からスリランカを経てアデン湾に至る航路（図2）に着目し、「鹿島山丸」も含めたこの航路沿いの一般船舶による表層水温データを用いて、その季節変動及び年々変動について調べた。

3. 研究成果

(1) 20℃等温線深度の変動

インド洋では、海洋観測船による定期的な観測は少なく、表層水温の観測は太平洋や大西洋に比べて乏しい。また、一般商船によるXBT観測も主要航路上に集中しているため空白域が多い（図3）。ここでは、気象庁がGTS回線を経由して収集した、「鹿島山丸」を含む一般商船による表層水温データをもとに、図2のマラッカ海峡からスリランカ沖を経てアデン湾に至る航路に沿った表層水温の変動を調べた。

解析はデータがある程度まとまって得られた1988年以降を対象とした。観測点の経度-時間分布を図4に示す。観測点の総数は667である。表層水温構造の変動は水温躍層の変動に代表されると考えられるため、ここでは躍層の深度として20℃等温線の深度を採用した。各表層水温データは位置、深度、水温値等について品質管理を行ない、20℃等温線の深度を決定した。図5に20℃等温線深度の経度-時間変化を示す。

80°E以西のアラビア海南方の20℃等温線深度は、全般に西で深く東で浅い。また、1年を周期とする変化がみられ、西と東でその位相は逆になっている。すなわち西（60°E付近）では夏の南西モンスーン期にあたる夏から秋にかけて深く、11月から1月にかけて浅くなる傾向があるのに対し、東（75°E付近）では冬の北東モンスーンが始まる12月から1月にかけて深まり、夏のモンスーン期に浅くなる。したがって東西方向の20℃等温線深度の勾配は夏のモンスーン期に大きくなる。この西と東で逆位相となる年変化は、Rao et al. [3] が示したインド洋の月平均混合層深度の変化とよく合っている。

また、75°E付近では年変化の振幅が年毎に変化しており、1988/89年の冬は翌あるいは翌々冬に比べて深く、一時160m以深に達した。一方、1990年には、その前2年に比べ、夏のモンスーン期以前から100m以浅状態が続くなど浅い期間が長く、

最浅期も1989年には10月であったが、7、8月になるなど年毎に大きな違いがみられる。

夏のモンスーン最盛期のソマリア沿岸の混合層深度は、年毎の変動が大きいとされているが[3]、図5でもソマリア沿岸の 55°E 付近は、1988年の9、10月頃には80m以浅であったが、90年のほぼ同時期には180m以上になるなど年による差異が大きい。

ベンガル湾南方の $85^{\circ}\text{E} \sim 95^{\circ}\text{E}$ は、データが十分でなく空白期間があるが、1991年2、3月には前年までほとんどみられなかった100m以浅の状態になり、その直後の4～6月には逆に140m以深になるなど大きな変化があった。

(2)海面水温の変動

気象庁海洋課で解析を行なっている緯経度 2° 毎の月平均海面水温をもとにした、図3の航路を含む $6^{\circ}\text{N} \sim 12^{\circ}\text{N}$ 帯のインド洋から太平洋の日付変更線までの海面水温の経度-時間変化を図6に示す。

ソマリア沿岸からアラビア海西部にかけての海域は、夏・冬のモンスーンに対応して顕著な半年周期の変化が卓越しており[3]、両モンスーン期の1月と7月に低く、モンスーン中間期の4月と10月に高い。2回の低温期では、ソマリア沿岸で湧昇が起こる7月に最も低く、2回の高温期では4月が最も高い。こうした半年周期の変化は前述の 20°C 等温線深度では顕著に現われていない。

海面水温の半年周期の変化は東へ行くほどはっきりしなくなり、ベンガル湾南部では1月の低温と4月の高温が顕著になってくる。高温のピークの時期はさらに東へ行くほど時期が遅れ、南シナ海では7月、太平洋では8月頃になる。インドシナ半島沿岸域に相当する 110°E 付近では1月を中心に 26°C 前後の低温になる。

$60 \sim 100^{\circ}\text{E}$ では、1987、88、91、(92)年の4月の高温期には 30°C 以上の海域が広く現われたのに対し、89、90年では 30°C 以上の海域はほとんど現われず、年によって違いが大きい。水温が高かった年のうち87、91、(92)年は太平洋ではエルニーニョが発生しており、88年は終息直後であった。一方、低かった89年は太平洋ではラニーニャ状態であり、太平洋熱帯域とインド洋熱帯域の海面水温の変動の関連性が示唆される。

4. 考察

北インド洋熱帯域の航路に沿った表層水温及び海面水温の解析から、当該海域では夏・冬モンスーンに対応した半年周期の変動や1年周期の変動だけでなく、年によっても大きな変動があることが明らかになった。

海洋観測データの少ないインド洋の海洋表層の変動を把握するためには、今後ともデータを蓄積していくことが重要であり、その変動機構の解明に向けて他の研究項目との連携が不可欠である。

5. 引用文献

1) Barnett, T., Mon. Weather Rev., 111, 756(1983)
2) Nicholls, N., Mon. Weather Rev., 112, 424(1984)
3) Rao, R. R., R. L. Molinari and J. F. Festa, J. Geophy. Res., 94, 1080(1989)

6. 成果の発表

①口頭発表

発表者名	発表題名	学協会誌名等	備考
網野正明他	委託商船によるインド洋の XBT観測	1991年度日本海洋学会 秋季大会	

7. 関係国との協力

フランスのORSTOMの海洋研究所と共同して貨物船に表層水温の観測・通報を委託した。

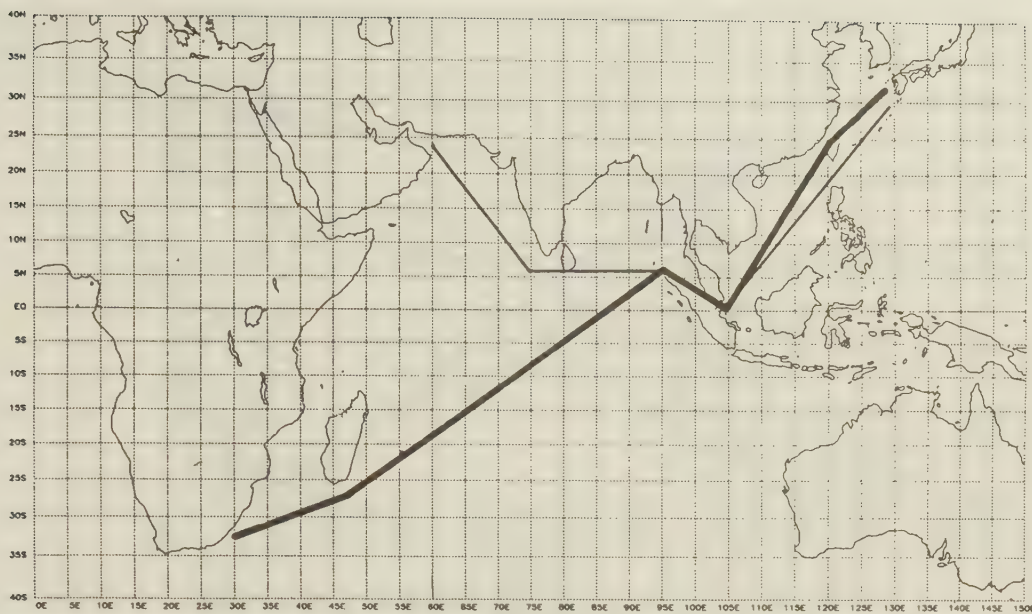


図1 委託商船の航路。細線は「鹿島山丸」、太線は「Delmas Touville」。

Fig. 1 Cruise tracks of Kashimasan Maru (thin line) and Delmas Touville (bold line).

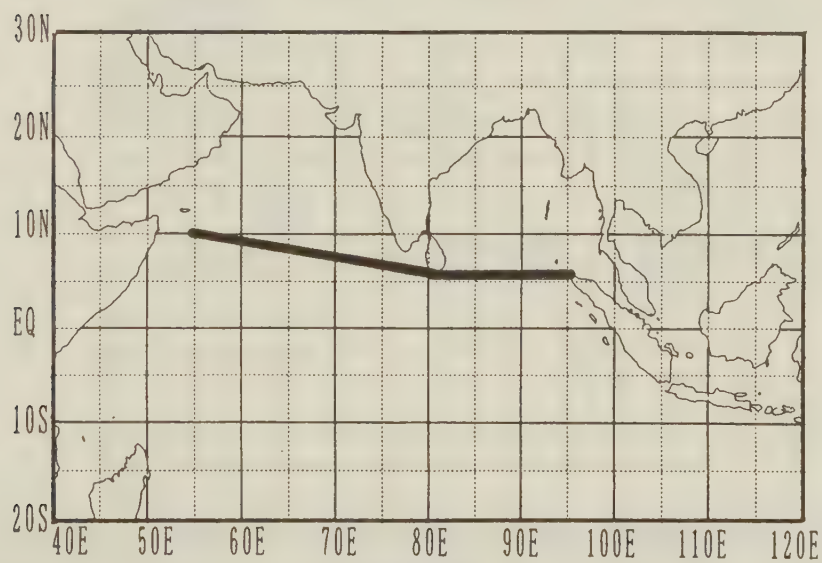


図2 解析対象の航路。

Fig. 2 Analyzed ship route.

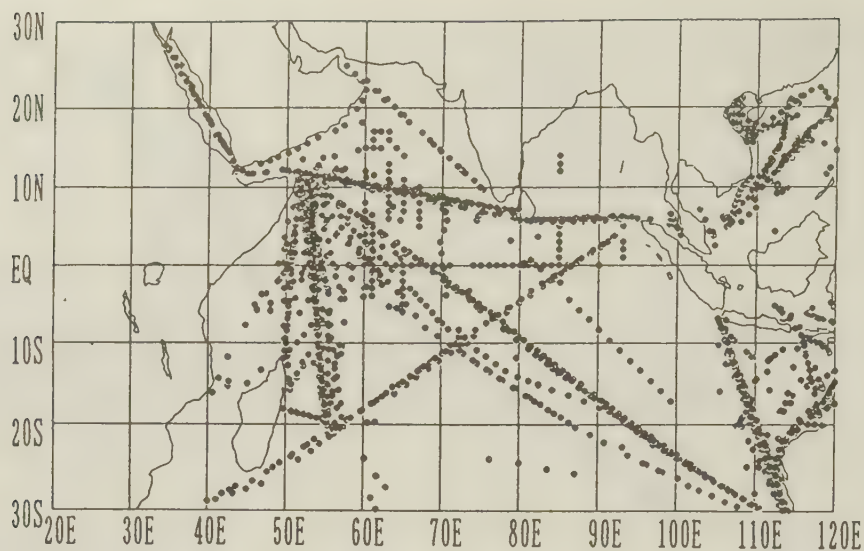


図3 GTS回線を経由して収集された表層水温データの分布(1990年)。
Fig. 3 Subsurface temperature data distribution collected via GTS in 1990.

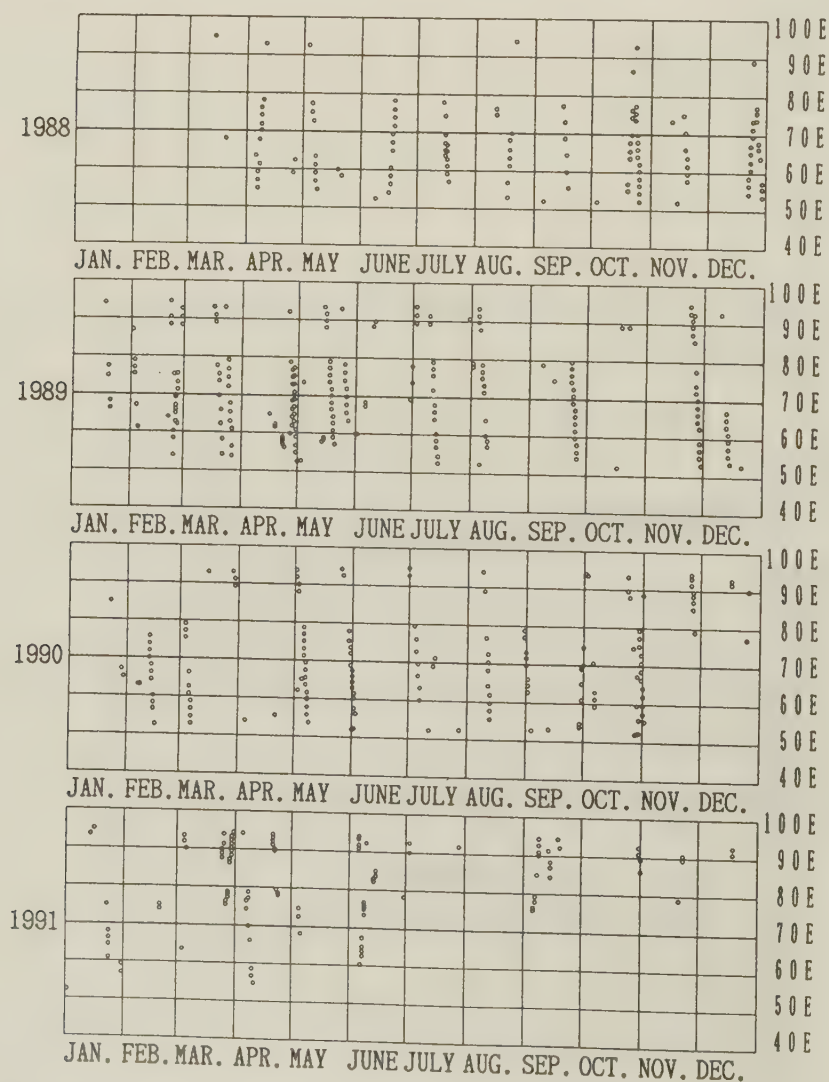


図4 航路(図2)に沿った1988~91年の観測点。
Fig. 4 Station locations along the ship route (shown in Fig. 2) for the period 1988 through 1991.

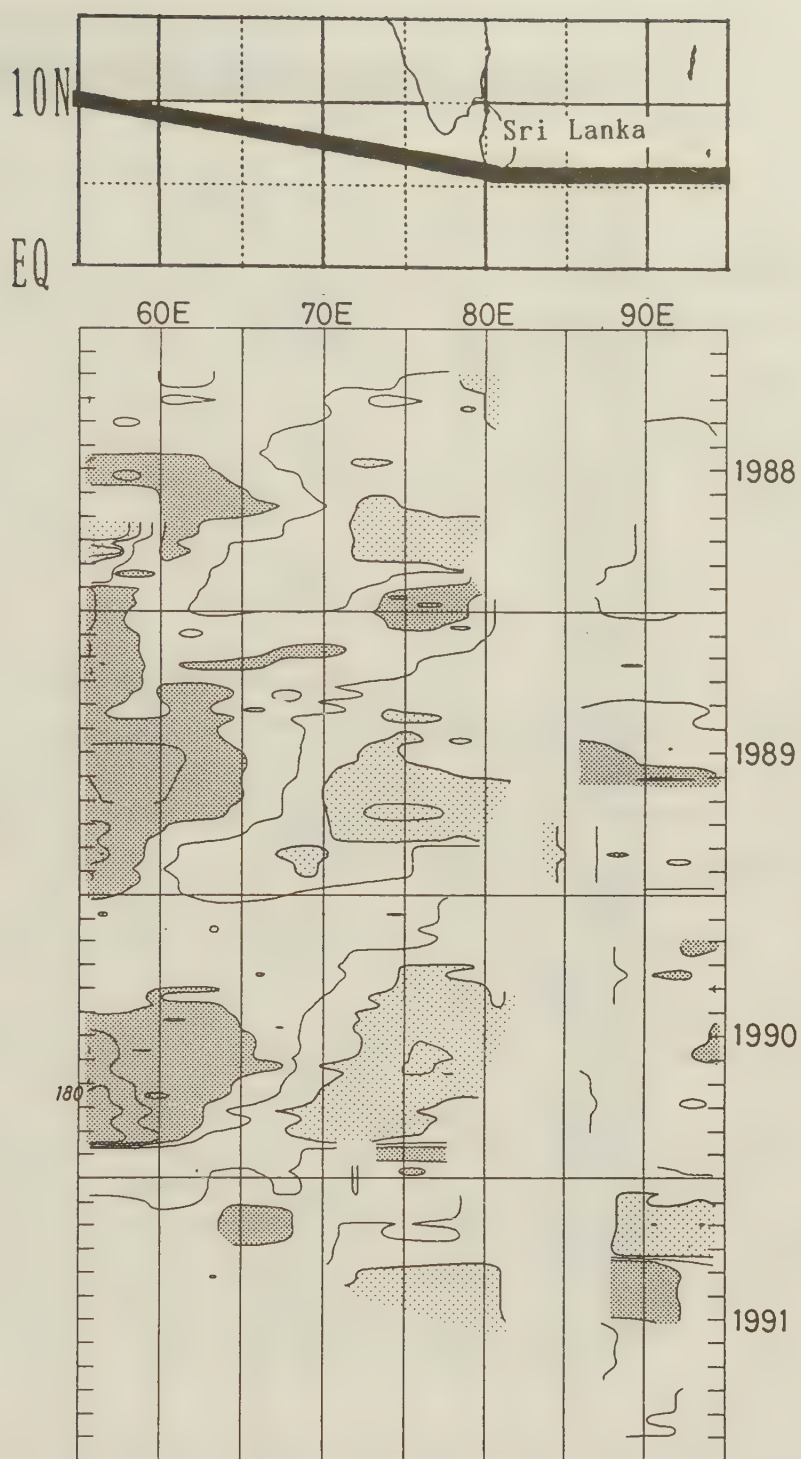


図5 図4に示す表層水温データによる20℃等温線深度の経度-時間変化(m)。等値線の間隔は20m、濃い陰影部は140m以深、薄い陰影部は100m以浅を示す。

Fig. 5 Longitude-time plot of the depth of 20°C isotherm(m), using subsurface temperature observations shown in Fig. 4. Contour interval is 20m. Regions deeper than 140m are densely shaded and those shallower than 100m are lightly shaded.

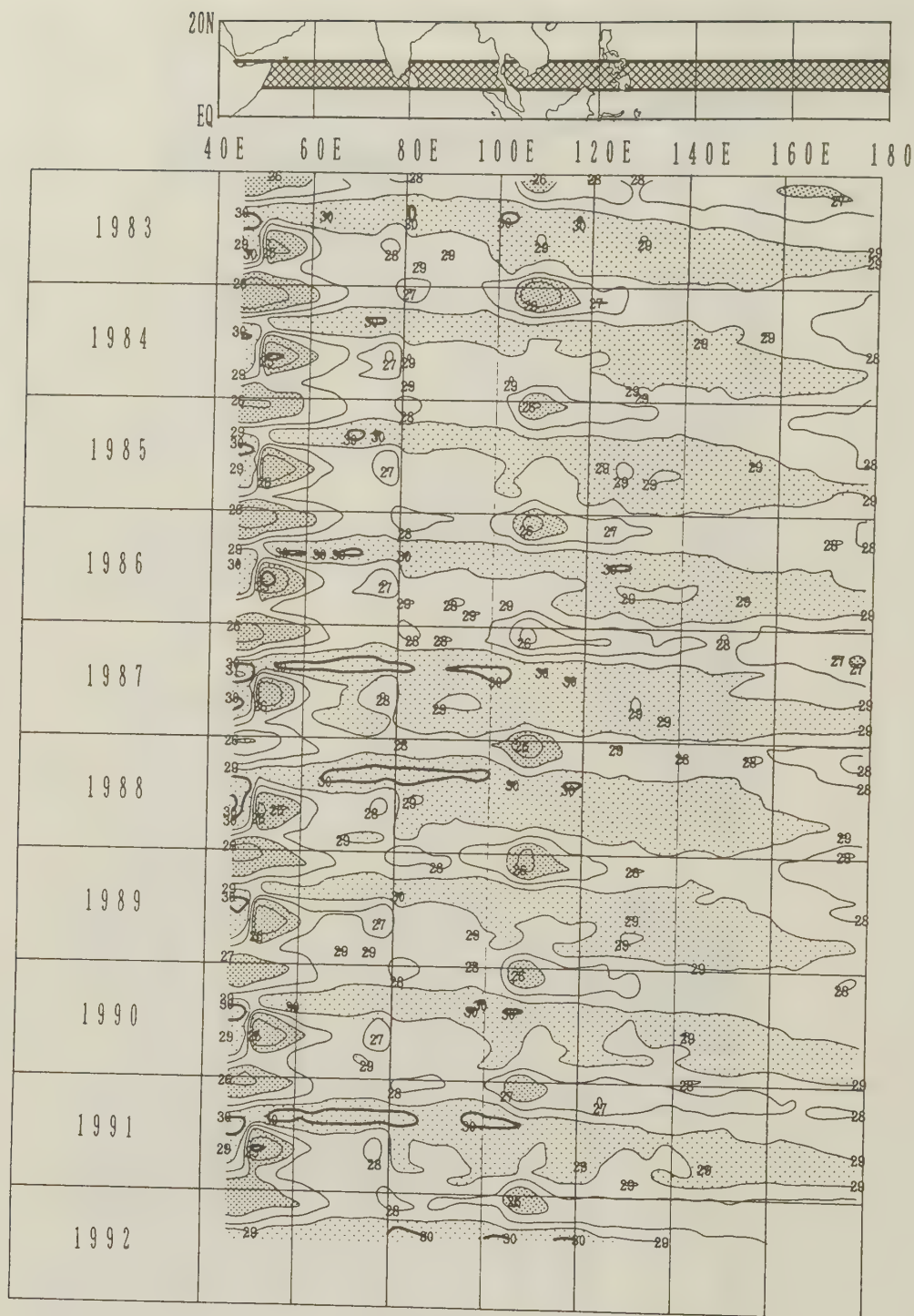


図6 6°N～12°N帯の海面水温の経度-時間変化(℃)。気象庁海洋課が解析した緯経度2°毎の月平均海面水温値による。濃い陰影部は27℃以下、薄い陰影部は29℃以上を示す。

Fig. 6 Longitude-time plot of sea surface temperatures(SSTs; °C) between 6°N and 12°N in the Eastern Hemisphere, using monthly mean SSTs analyzed for each two-degree latitude and longitude grid point by the Oceanographical Division, Japan Meteorological Agency. Regions colder than 27°C are densely shaded and those warmer than 29°C are lightly shaded.

② 海流循環に関する観測研究

Observation on Oceanic Current with Drifting Buoys

海上保安庁水路部海洋調査課

石井春雄、道田 豊、寄高博行

Ocean Surveys Division,

Hydrographic Department,

Maritime Safety Agency

H. Ishii, Y. Michida, H. Yoritaka

(Abstract) The purpose of this study is to clarify the ocean circulation, to estimate heat transport by the oceanic currents and to understand characteristics of their temporal(annual, interannual)/spatial variation in the Indian Ocean, particularly in the tropical region. For this purpose, Lagrangian observation of surface current has been made with satellite-tracked ARGOS drifters since 1989.

This paper describes the results of investigation for the fiscal year of 1991. 6 drifters were deployed in the eastern tropical area of the Indian Ocean (off Java Island) in May 1991, under cooperation with R/V 'Kagoshima-Maru' of the Kagoshima University.

The drifters stayed around the place of deployment for about 3 months, and then in August, when the monsoon wind field might change, they started to drift westward with averaged velocity of 0.5 knots (maximum velocity was over 2 knots). The trajectories were consistent with those of the drifters deployed in 1989.

1. 研究目的

アジアモンスーンの年毎の変動は、東南アジア地域や、日本をはじめとした周辺地域の気候変動に大きな影響を及ぼすだけでなく、大気大循環を介して地球規模の環境変化にも大きく影響する。また、アジアモンスーン活動の異常は西部太平洋熱帯域の海洋変動を引き起こし、これが太平洋規模で発生するエルニーニョの引金となる可能性が強いという。このような気候変動に密接な関連を有する海洋の観測研究は太平洋熱帯域においては国際共同で推進されている。しかし、アジアモンスーンの変動に重大な影響を及ぼすインド洋にあっては、海洋観測網の十分な展開がな

されておらず、海洋データの蓄積が最も少ない地域となっている。

本研究の目的は、インド洋の特に熱帯域における海流循環と海流が担う熱輸送量、及びその時間的（季節、経年）、空間的変動特性を把握するとともに、得られたデータを、海洋構造の変動が気候変動に対して果たす役割を解明するための研究に提供することにある。

2. 研究方法

インド洋熱帯域において、小型の表面海流追跡用漂流ブイを放流し、海流循環に実態を把握するとともに、ブイに取り付けた水温センサーのデータや、他の研究課題実行に際して取得される表層水温データと併せ、海流の担う熱輸送量を見積る。また、ブイの漂流速度に及ぼす風圧流の効果を評価し、実際の海流の速度を高精度で求めるために、海上風や海面気圧の観測データの活用を図る。

平成3年度は、5月に鹿児島大学水産学部の協力を得て、ジャワ島南方沖の東部インド洋熱帯域にブイを放流した。これらのブイ、及び昨年度放流したブイについて流跡マップを作成し、これをもとに平成3年度の海流の状況を記述する。

平成3年度のブイの投入位置を図1に示す。また、ブイ稼働状況を表1にまとめた。

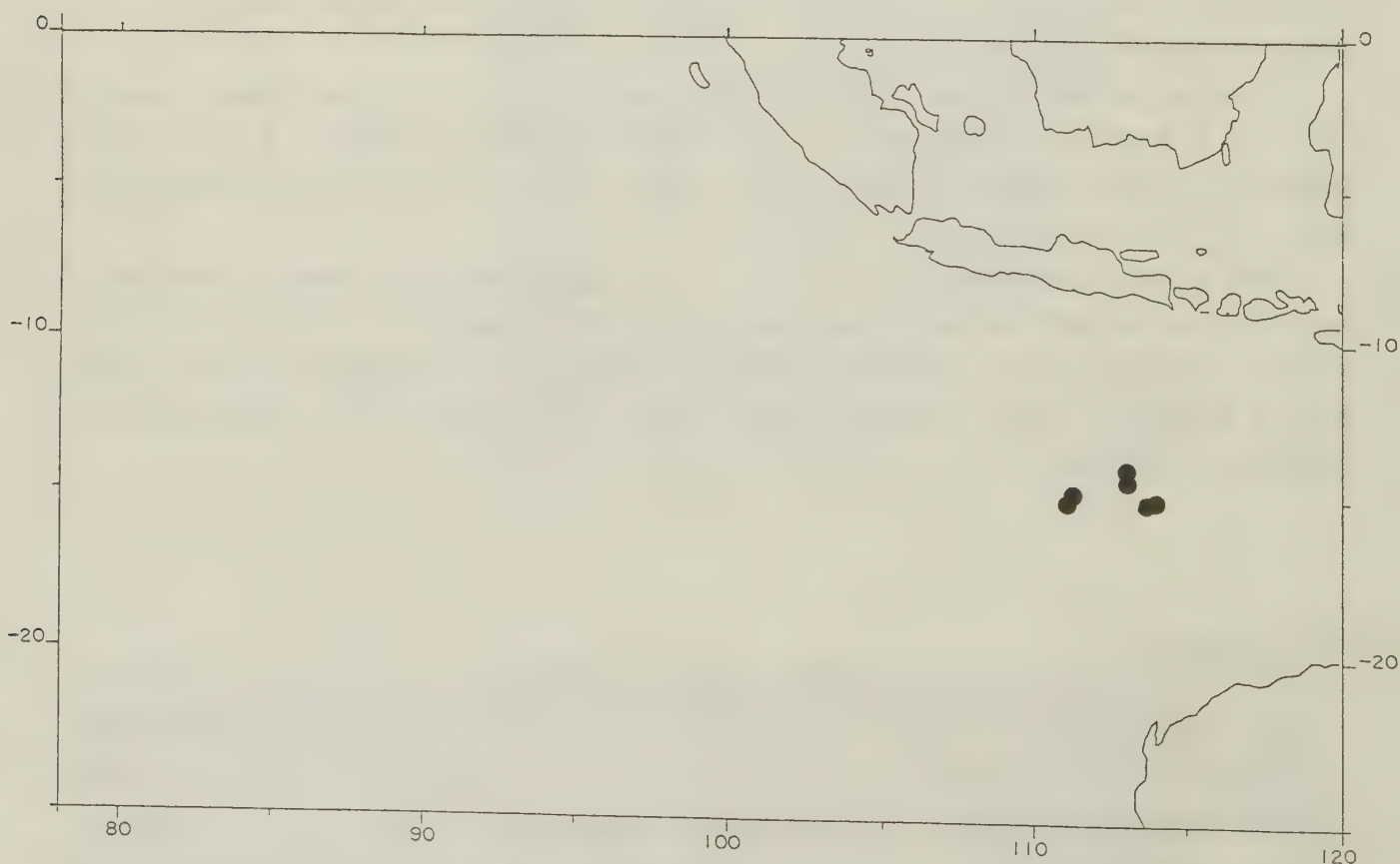


図1 平成3年度のブイ投入位置

Fig.1 Location of deployment for the fiscal year 1991.

表 1 ブイの稼働状況

Table 1. Status sammary of drifters

IDNO	1991												1992		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
8691															
8692															
8693															
8694															
8695															
8696															

3. 研究成果

本プロジェクトにおいて平成2年以降放流したブイについて、平成3年度末までの流跡を図2に示す。また、平成3年度に放流したブイの流跡を図3に示す。

図2において、インド洋中央部に循環構造が見られる。昨年度の報告（文献①）に詳しく記述したが、これは、インド洋の風系の季節的变化に1週間ほどのレスポンスタイムで海流系が変化したことを捉えたものである。平成2年2月にインド半島南方海域において投入したブイのうち、いくつかはモルジブ諸島近海で追跡不能となったが、その他は長期間稼働し、インド洋の風系の変化に応じて平成2年4月まで西向き、その後平成2年8月～9月まで東向き、その後さらに西向きに流れた。この海域においては、4月と9月に風向の交代があることが推定される。東西の流れは速い時は2ノット以上に達するが、風向の代わる時期も含めた東西流速はそれぞれ平均約0.5ノットである。

平成3年5月、インド洋東部に投入したブイは、8月ころまで投入海域付近にとどまっていたが、8月～9月にかけて3個が西向きに流れ始めた（図3）。西向きの流速は平均約0.5ノットであり、前述のブイの流跡と矛盾しない。すなわち、風向の交代に伴う海流系の変化は、インド洋全域にわたって起こっていることがわかる。

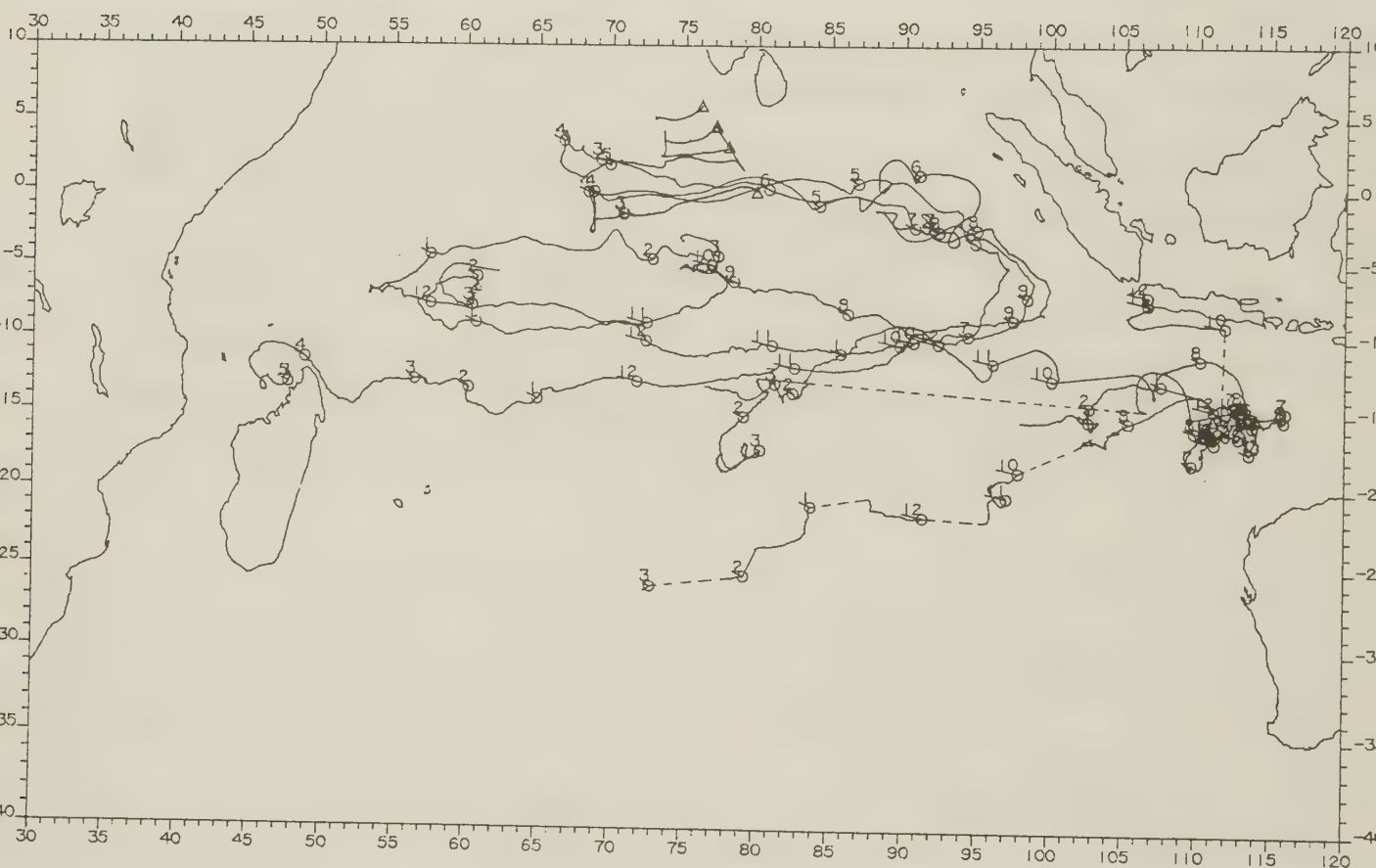


図2 平成2年以降放流したブイの流跡

Fig.2 Trajectories of all drifters since 1988.

4. 考察

昨年度の成果の中で、日本海洋データセンター（海上保安庁水路部海洋情報課）が、漂流ブイに関する責任国立海洋データセンターであるカナダの海洋環境データサービス（MEDS）から、過去の漂流ブイデータを入手したとの報告があった（文献①）。そこで、このデータファイル（以下、MEDSデータという）の提供を受け、過去におけるインド洋の漂流ブイについて予備的な解析を実施した。

MEDSデータからインド洋（ $20^{\circ}\text{N}\sim 60^{\circ}\text{S}$ 、 $30^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ ）を切り出し、ブイの流跡をプロットしたものを図4に示す。元のデータには相当数のエラーを含んでいるが、MEDSの付与した品質管理フラッグを参照してエラーを除去した。図4を見ると、 20°S 以南の海域ではかなり多くの漂流ブイが放流されてきたようである。但し、この流跡図はブイの種類、海面下の抵抗布の有無、季節の相違などの要素を考慮せずに描いたものであるため、海流場の解析等の際には注意を要する。

その点を念頭において図4を見てみる。他の海域と同様にインド洋においても流跡は渦構造、蛇行などをとらえ、複雑を極める。しかし大局的に見て、 40°S 付近を蛇行を伴いながら東へ向かう流れ、それに続いてオーストラリアの西沖で北向きに流れ、 $20^{\circ}\text{S}\sim 30^{\circ}\text{S}$ を西に向かう流れ－亜熱帯循環－は顕著である。 50°S 付近を東に向かう南極周極流も明瞭である。一方赤道域は、東西成分の卓越が見て取れるが、放流されたブイの数は少ない。本研究課題では、ちょうど過去の資料の空白域においてブイを放流・追跡しており、貴重なデータといえる。

今後は、過去のデータと併せて統計解析等を行うことにより、漂流ブイの流跡からみたインド洋の平均海流場を描き、個々のブイの軌跡との対比を調べる必要がある。

5. 引用文献

- ①科学技術庁（1991）：アジアモンスーン機構に関する研究 平成2年度成果報告書

6. 成果の発表

なし

7. 関係国との協力

漂流ブイの効果的な放流に関する協力について、インド国立海洋研究所とのコンタクトを検討中である。

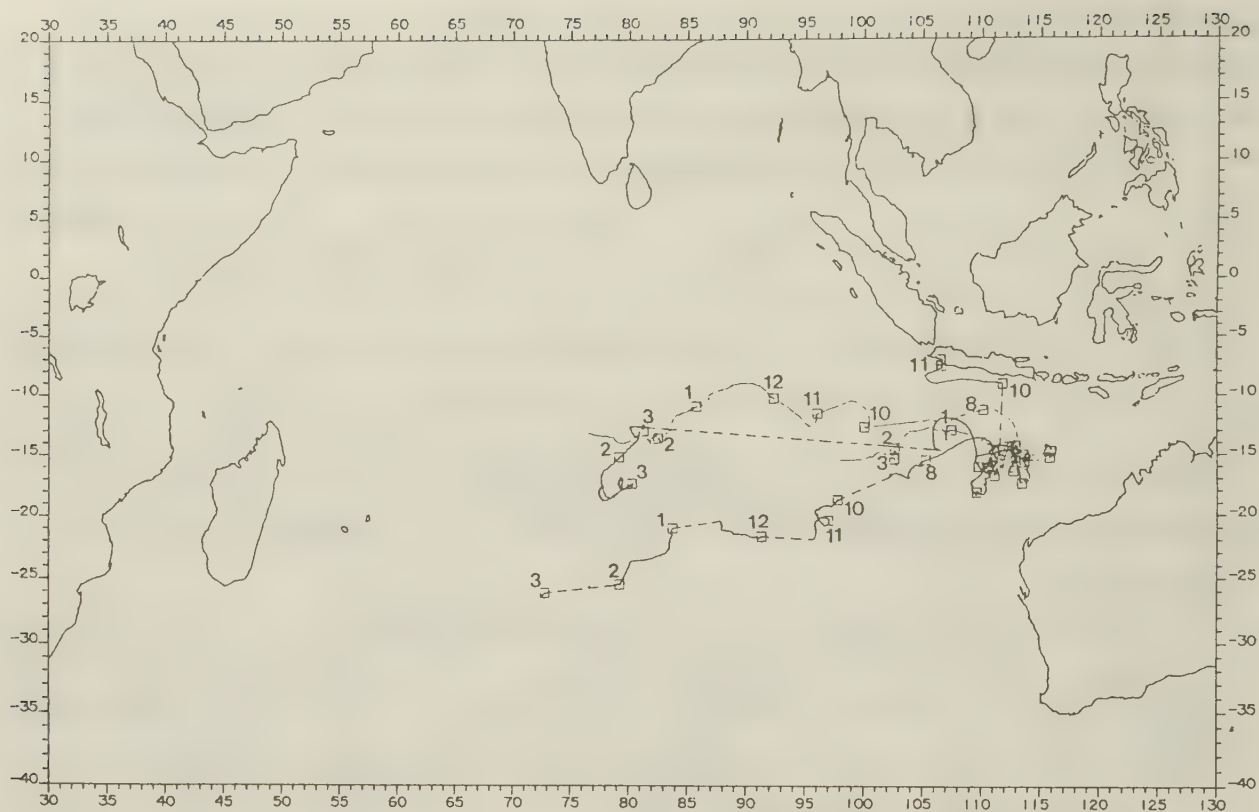


図3 平成3年度に放流したブイの流跡。マークは各月（数字）の最初の位置を示す。
 Fig.3 Trajectories of the drifters deployed in 1991. Symbols show the beginning of each month that is indicated with small numbers.

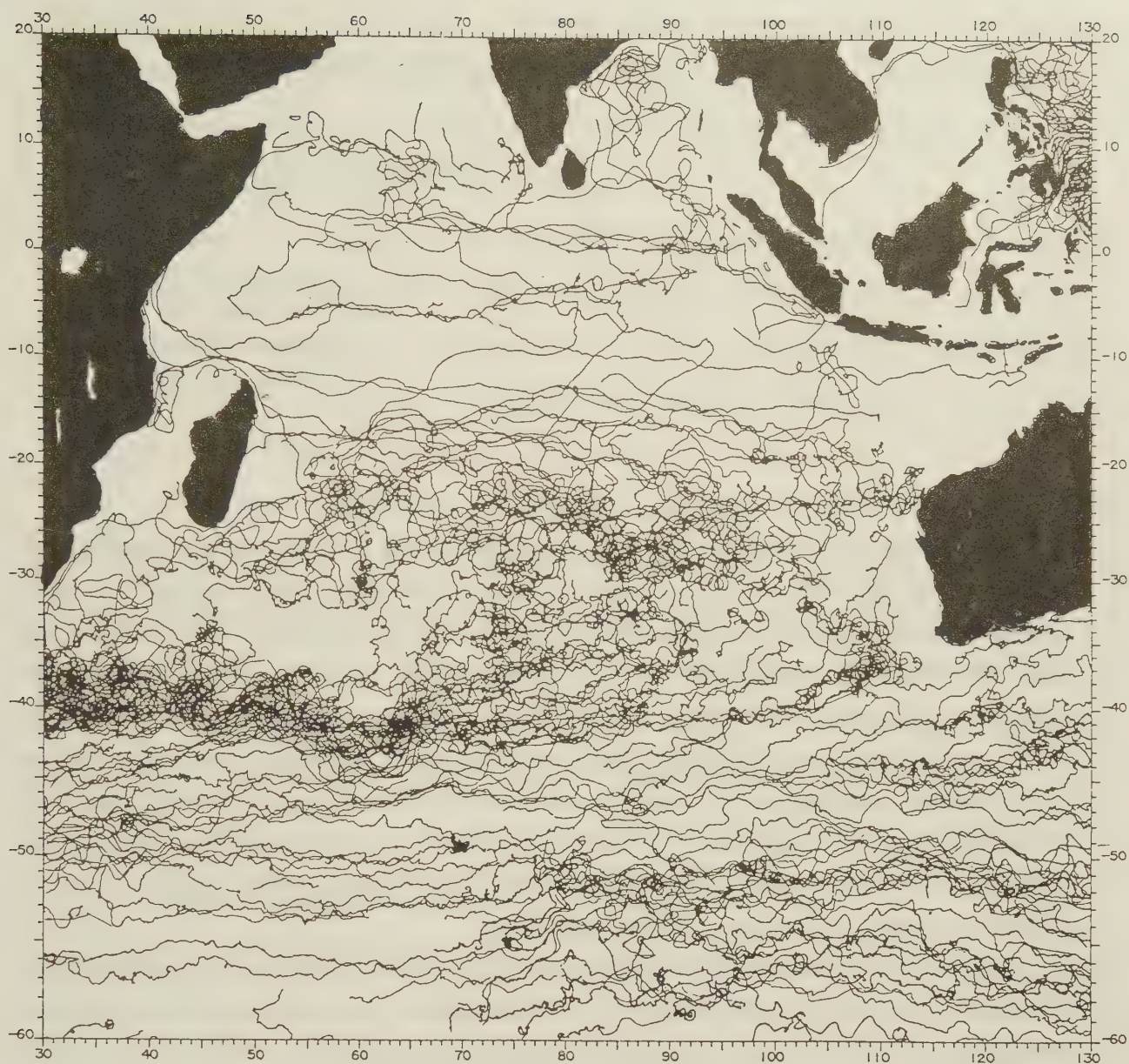


図4 日本海洋データセンターから提供を受けたカナダ海洋環境データサービス（MEDS）の漂流ブイデータファイルから切り出したインド洋における漂流ブイの流跡。

Fi.4 Trajectories of drifters whose location data were retrieved from the drifters data file archived in MEDS, Canada. The file were provided through JODC.

(3) 海洋データの標準化及び海洋データ交換の推進

Standardization of Oceanic Data and Promotion of Exchange of Oceanic Data and Information

海上保安庁水路部海洋情報課(日本海洋データセンター)

谷 伸, 馬場 典夫

Shin Tani and Norio Baba

Japan Oceanographic Data Center

Hydrographic Department

Maritime Safety Agency

Abstract

The purpose of the study is to provide a sufficient data set and timely information for promoting the JEXAM study. In order to suffice this goal, four sub-theme has been established; data standardization and quality control of JEXAM data; collection of existing data from other nations; establishment of international on-line network system for data and information exchange; and establishment of information exchange system.

Since the significant lack of data at the area of interest for JEXAM, i.e. Indian Ocean, has been identified, data archaeology tour was conducted to Indian National Oceanographic Data Center and National Oceanographic Data Center of Philippine. Not many but important cruise lines which fill the data gap are excavated. INODC will release its data if their data will be utilized in a publication such as an Indian Ocean atlas.

JODC data set is substantially supplemented by US NODC's global data sets provided with CD-ROMs and magnetic tapes. Analysis on data volume was conducted to identify the characteristics of Indian Ocean data, and some interesting features were identified: Hand over of instrument from MBT to XBT is clearly seen around year 1970: Observation activity was least active around year 1970: The major instrument type is MBT, which accounts for almost one third of all the available temperature data: Data submission needs more than five years.

As for the on-line cruise plan/cruise summary reference, JOIDES was developed and utilized by project scientists. Database function was developed using the search capability for subject. JOIDES provides an infrastructure to transfer data itself and experimental data transfer between JODC and MEDS, Canada identified and solved operational problems such as flow control of listening machine.

1. 研究目的

本研究は、「アジアモンスーン機構に関する研究」(以降JEXAM)及びインド洋に関する調査研究の円滑かつ効果的な実施を図るため、当該研究に携わる研究者に対し、利用可能な最良のデータセット及び調査に係る情報を提供するためのものである。

この目的を達成するため、JEXAMの一研究項目である「海洋に関する観測研究」において取得される水温等の海洋データの標準化・品質管理処理を行い研究者間のデータ相互利用の円滑化を図る。また、JEXAMの各研究における基礎資料の充実を図るため、インド洋及び周辺海域における既存の海洋データ及び関連情報の収集を行う。さらに、得られたデータにより統計値の信頼度を増すことによってデータの品質管理の精度向上を図る。

一方、これらのデータ管理活動のほかに、情報流通の迅速化を図るため、データの管理状況及び海洋調査計画等に関する情報のオンライン入出力・検索が可能なデータベースを構築する。さらに、データ・情報提供に関する各国の協力を得やすくするため、各国国立海洋データセンター等とJODCとの間に海洋データ・情報交換のためのデータ情報ネットワークシステムを構築し、国内から国外まで一貫した海洋データ・情報交換のためのシステムを確立し、JEXAMにおける海洋データの迅速・容易かつ円滑な利用、さらに、その他の地球環境関係の各種プロジェクトでの有効利用に資するものである。

2. 研究方法

(1) データの標準化、品質管理処理およびデータベースの構築

JEXAMの「海洋に関する観測的研究」で取得された海洋表層水温、海流及び漂流ブイのデータが本プロジェクトで円滑かつ迅速に活用されるためには、データの標準化及び品質管理処理がなされている必要があり、また、データ利用を簡便に行うためには、これらのデータがデータベース化されていることが不可欠であるため、データの標準化処理からデータベース化に至る一貫したデータ処理システムを構築する。

(2) 各国の海洋調査状況、調査結果の管理状況の調査及び海洋データの収集

JEXAMの「海洋に関する観測研究」の主たる対象海域であるインド洋及びその周辺海域は、周囲に海洋先進国が少ないこともあり、海洋調査自体が我が国周辺に比べて相当少ないうえ、データの収集・管理体制も十分に整備されているとはいいがたい。現在、JODCで把握している当該海域のデータ量は極めて少なく、本プロジェクトの各研究に必要な基礎資料として十分な量とは言えない。また、本プロジェクトで取得された海洋データの品質管理処理においても、有意な結果を得るには十分な歴史的データが必要不可欠である。このため、該当海域における各国の海洋調査状況、データの管理状況の調査及びデータ収集を行う。

(3) 国際データ交換ネットワークの構築

JEXAM該当海域のデータを保有する各国海洋データセンターからデータ管理状況、データ提供への協力を得るためのインセンティブとして、各国のデータセンターあるいはそれに準ずる機関との間に国際データ通信によるネットワークシステムを構築し、我が国が構築する各種情報及びデータに係るデータベースにアクセスできる体制を構築する。

(4) 研究プロジェクト情報交換システムの構築

本プロジェクトを円滑・効果的に推進するには、各研究の調査計画、調査結果等の情報が密かつ迅速に流通される必要がある。このため、これらの情報を研究担当者が卓上から簡便に交換・検索できるシステムを構築する。

3. 研究成果

(1) データの標準化、品質管理処理およびデータベースの構築

取得されたデータが他の研究者に円滑に使用されるには、使用されるデータフォーマットが統一され、一定の基準で品質管理されなければならない。

JEXAMで得られるデータの保管/国内交換用データフォーマットとして、既存データとの整合性を確保するためにJODCフォーマットを使用し、国際交換用フォーマットについてはIOC標準のGF3フォーマットを使用することを平成元年度に決定した。

品質管理処理は、JEXAMの研究対象海域であるインド洋及びその周辺海域の海域的特徴を考慮し行う必要がある。しかしながら、従来JODCが管理していた当該海域のデータのみでは、海域特徴を考慮した品質管理処理を行うのに必要な精度の統計値を作成するに足るデータ量がなく、現在の品質管理処理は基本的な処理の域に留まっている。このため、海域的特徴を考慮した品質管理処理を行うために不可欠な統計値作成の基礎資料として、米国にある世界データセンター(海洋学)Aが収集している各種海洋データを入手した(詳細は本稿(2)-②に記述)。

JEXAMの各研究で平成3年度に取得されたデータについては、現在各機関で解析中であり、現在までのところJODCでは入手していない。

調査計画やJEXAMで利用できるデータに関する情報については、研究者が卓上で検索できるよう後述のJOIDESに登録するとともに、JOIDESの簡易検索機能を利用したデータベース機能を開発した。

(2) 各国の海洋調査状況、調査結果の管理状況調査及び海洋データの収集

① 各国の海洋調査状況、調査結果の管理状況調査

(イ) インド

インドの海洋調査状況及びデータ管理状況について把握するため、インドの国立海洋研究所に所属するインド国立海洋データセンターの訪問調査を実施した。

インドの外洋域の海洋調査は、海軍水路部により複数の大型測量船で実施されている他、海洋研究所の研究船でも行われている。海洋研究所に於ける1986年3月～1987年3月の調査状況を図1及び図2に示す。

インドの海洋データ管理は、インド海洋データセンターで行われている。同センターは国立海洋研究所の一部門で、所長を含め総勢14名で運営されている。管理されているデータは、海洋物理/化学、海洋生物、海底地形、海底地質及び海洋地球物理の広い分野に亘っている。データは印刷物又はデジタルの形で管理されている。デジタル・データは汎用電子計算機により、データのインヴェントリは小型電子計算機により管理されている。水産関係のデータについてはインヴェントリ・データのみを管理している。同センターのデータ保有状況を表1に示す。

インドの海洋調査状況及びデータ管理状況については、従来広く知られてはおらず、今回入手した海洋調査状況を既存データに照らし合わせてみても、インド洋北部の空白域を埋める貴重なデータソースであることが伺える。JODCでは、インド国立海洋データセンターが保有するデータの国際交換の可能性について協議したが、同センターは慎重で、海洋物理データのインヴェントリの交換についての了解を取付けたに留まっている。しかしながら、Unesco/IOCの国際海洋データ・情報交換システム傘下の各機関の従来からの努力にも係わらず従来門戸が開かれなかったことからすれば、今回の了解は大きな前進と言える。また、同センターが保有データによるアトラスをJEXAMの枠組みの中で刊行することについても積極的な姿勢を見せていることから、これらを糸口にして徐々にデータを解凍する努力を継続する必要がある。

(四) フィリピン

フィリピンの海洋調査状況及びデータ管理状況について把握するため、フィリピンの地図資源情報省(NAMRIA)に所属するフィリピン国立海洋データセンター(PODC)の訪問調査を実施した。

フィリピンの主要な海洋調査機関であるNAMRIAは、480トンの調査船を筆頭に計3隻の調査船を有する。これらの調査船の主な用途は水路測量であるが、それ以外に15年間に6回の海洋観測、海洋気象観測(GARPの一環)1回、海流観測11回、他のディシプリンと共同の海洋観測4回が行われてきている。PODCは、既にIOCのCSK(黒潮共同調査)のデータ管理(データは当時のフィリピン水産省が観測)を実施した経験を有している。しかしながら、PODCは業務の力点を潮汐データに置いており、PODCが管理するCSKデータ、世界データセンターAから得た他国の観測データ及び潮汐データのうち、CSKデータのみがデジタル化されていない。

(ハ) ロシア

1992年2月に米国で開催されたIOC/NOAA共催の海洋気候データワークショップにおいて、世界データセンターB(海洋学)であるロシア海洋データセンター所長のDr. Y. Sychevからインド洋のデータの保有状況を示す散布図が示された。比較で示された世界データセンターA(海洋学)の保有するインド洋データと比べ、膨大なデータが保有されていることがワークショップ参加者の驚きを呼んだ。世界データセンターAの保有する水温塩分データについては、日本海洋データセンターは完全な複製物及びCD-ROM版を平成3年度に受領しているところであるが、今後、ロシア海洋データセンターでの標準化等の作業が済み次第、複製物を入手する予定である。

② 海洋データの交換

米国国立海洋データセンター(US NODC)では、保有する水温塩分データのCD-ROM化を進めていたが、昨年全世界版が完成したため、JODCではこのCD-ROMセットの提供を受け、平成3年7月に受領した。また、水温・塩分以外のパラメータも含む全世界データセットを磁気テープにより受領した。このうち、CD-ROM版のデータセットは太平洋版及びその他海域版の2枚のCD-ROMから構成され、北極海、南極海を含む全世界の海洋の水温塩分データで1900年から1991年1月までにUS NODCが入手したデータが格納されている。

CD-ROMに収録されているデータは、各層、STD/CTD、MBT、XBT、SBT(XBTの所定層データ)及びIBT(IGOSSの電報による水温データ)の6種類である。これらのデータは、水温については-3.0～46.00℃の範囲、塩分については0.00～46.00パーミルの範囲の粗い一次品質チェックが施されている。これらのデータは利用し易いよう経緯度10度メッシュ毎のファイルに分割してある。

このCD-ROMデータセットから、インド洋を代表する部分として北緯30度～南緯40度、東経30度～120度の範囲についてデータ量の特徴を調べてみた。この海域における全測点数は、194,153測点、1度メッシュ平均30.8測点であった。全球では、測点数が約319万測点、陸も含む単純な1度メッシュ平均で約49測点であることから、インド洋で利用可能なデータの少なさが窺える。

(イ) 国別海洋データについて

調査海域における国別の海洋データ及び年毎との推移を表2及び図3に示す。この海域における調査国別の海洋データ量では、米国が全体の54.6%を占めており、次いでオーストラリアの11.9%、日本の7.7%となっている。このCD-ROMのデータセットでは、海洋先進国のソ連の調査による海洋データの量が、ロシア国立データセンターが散布図で示すインド洋への関心とは裏腹に7.1%で4位にしか位置しないことが地政学的に興味深い。

海洋データの年毎の推移をみると、全体量は1950年代後半から急激な増加がみられ、1957年から

1967年までの10年間はほぼ直線的に増加し、1,539測点からの11,031測点と1957年に対し約8倍となった。しかしながら、1970年頃は激減しており1967年から1970年までの僅か3年間に1967年の28%にまで低落している。1970年以降は再び増加傾向を示しており、1980年には1970年に対し約2倍となった。データ量は以降漸減しているが、調査機関からデータセンターへのデータの収集が十分に進んでいないためと思われる。

次に、各国が海洋データ総量に占める割合の経年変化を図4に示す。海洋データが急速に増加した1960年以降についてみると、1960年代は米国が全体量の70%を占め、この他、USSR、オーストラリア、英国で全体量の90%を占めている。1970年代は、米国の占める割合が約60%に減少し、さらにこの海域における英国の海洋データはほとんど無いに等しい。英国に代わり、日本の海洋データが1970年中頃以降増加しており、米国、USSR、オーストラリア、日本で全体量の90%を占めている。近年の傾向として、この海域に占める米国の海洋データは減少傾向にあり、1985年には全体量に対する割合が30%を割っている。しかしながら全体量は大きく減少しているわけではなく、日本、USSR、オーストラリア、英国、フランスの海洋データの占める割合は増えており、絶対量でもこれらの国のデータは増加傾向にある。

インド洋沿岸諸国の海洋データは、1980年以降、このデータセットにはなく、インド国立海洋研究所が観測し、インド国立海洋データセンターで管理しているデータ及びロシア海洋データセンターで管理しているデータは解凍・流通化が国際的に必要であることがわかる。

(四) データの種類について

インド洋におけるデータ種について見ると、CD-ROMに格納された総量ベースでは、表3に示すとおりMBTが全体量の約33%を占め最も多く、ついでXBTの約31%となっている。XBTの所定層データであるSBTをXBTに加えるとXBTデータは全体量の41%に上る。

一方、データ種の経年変化について図5及び図6に示す。データ量が大きく増加を始めた1960年以降について見ると、1960年代前半はMBTが全体量の80%を占めている。XBTによる観測データは1967年に始めてこの海域で見られ、以降急増の一途を辿り、1971年には全体量の48%を占めるに至った。この年、MBTの占める割合は2%までに減少しており、XBTの出現とともにMBTは急速にXBTに取って代わられたことが分かる。各層データは多少の増減はあるが1960年から1980年頃までは1,000測点前後で一定量のデータがあり、各層データがルーティン的に行われてきたこと及び/或いはインド洋観測のシフトタイム等のリソースが一定であったことを伺わせる。近年やや減少傾向に有るようには見られるが、この見かけの減少は、IBTのデータ量を観測努力の指標と考えると、観測者からデータセンターへのデータ提供のタイムディレイを示すものと考えてよい。冬季のインド洋東部赤道域に我が国のデータ

が密集していることが注目される。

STD/CTDのデータは1974年以降に僅かに見られる。このCD-ROMデータセットの中にはSTD/CTDのデータ量は少ないが、現在の調査環境から推定するに今後データ数が大きく増加するものと考えられる。IBTはIGOSSの電報によるデータで、1974年から確実に増加しており、1985年には全体量の35%に達している。US NODCのIBT量と、JODCのIGOSS データセット量（昨年度の報告で紹介）には有意な食い違いがある。必ずしもJODCのIGOSS データセットが少ないわけではないので、後述のGTSPで話題となっているGTS上でのデータ蒸発が関係しているのかも知れない。IBTは一般船舶からの速報が主でデータ精度及び分解能は他のデータセットの域に遥かに達しない。リアルタイム性は高いが、同じキャストから得られたより詳細で精密なデータがXBT等他のデータセットに含まれているため、使用に当たっては、データ品質のほか、重複にも注意しなければならない。なお、この重複の除去は様々な理由により極めて困難を極めるもので、現在この重複除去をルーティン的に行っているのは、IOCのGTSP（全球水温・塩分試行プロジェクト）内のみである。

(ハ) 月別測点分布図

季節別の観測状況を把握するため、各シーズンを代表すると考えられる1月、4月、7月、10月の測点の分布図（IBTのデータを除く）を図7-1～4に示す。各月の測点数は13,100～16,300点となっており、単純に計算すると1度メッシュ当たり2.1～2.6点となっている。しかしながら、各月の測点の分布状態を見ると各月とも東シナ海の測点密度が高くインド洋での密度が低いことが分かる。特にアジアモンスーンに大きな影響を与えていると考えられるインド洋赤道以北において、インドの東方海域の測点密度が各月とも非常に低く、先の述べたインド国立海洋研究所のデータが非常に貴重なものであることが、このことから分かる。

(3) 国際データ交換ネットワークの構築

JODCでは、JEXAM関係各国立海洋データセンター等とのデータ通信ネットワーク構築のための基礎技術確立のため、カナダの国立海洋データセンターであるMEDS（海洋環境データ局）と共同で1991年3月からデータ伝送実験を行っている。この過程で、受け手のフロー制御の有無及び方式如何によってエラー量及びデータ送信時間に本質的な差異が生じることが明らかとなった。特に、受け手側の深夜で、ほとんど無付加のはずの受け手のメインフレームが、当方の減速送信にも係わらずオーバーフローを起こすことは、日加双方に驚きをもって認識された。このような経験に基づきJOIDESを用いたプロトコルが確立され、現在、JODC・MEDS間ではノンエラーでJOIDESによるデータ伝送が可能となっている。JOIDESを用いてのデータ転送は、時間的優位性は言うまでもなく、経済的にも磁気テープの郵送と遜色のない成果を得ている。今後は、バイナリー転送等の圧縮手法についてさらに実

験を進めることとしている。

一方、回線事情が日加間ほど良好でない東アジア諸国とのデータ伝送については、フロー制御、エラー処理等について試行錯誤的な実験を実施していく必要があり、平成4年度以降順次調査・実験を進めていくこととしている。特に東アジア諸国では受け手側がIBM-PC/MS-DOSベースであるため、これに応じたプロトコル及びファイル管理方式等についてJODCでソフト開発を行い、国内で実証実験を行う必要がある。

(4) 研究プロジェクト情報交換システムの構築

JEXAM等海洋研究プロジェクトのための情報の国内外の交換・流通の円滑・容易かつ迅速な実施を図るため、JODCではパソコン通信による情報交換システム「JOIDES(ジョイデス; JODC Online Information & Data Exchange Service)」を開発し、平成3年度から運用を開始した。JEXAMのためには、JEXAM電子掲示板およびJEXAM研究者を対象とした電子メールの機能を設定し、提供している。JEXAMでのJOIDESの利用状況を表4に示す。

電子掲示板では、各研究者の研究に関する情報、JEXAMに関連した会議等の情報、会議の出席報告等が掲示されている。電子掲示板上の情報量を示すSTORAGE量を見ると、6月から9月までは毎月5月の値に対し約20%の伸びを示し、9月以降はコンスタントに使用されている。

また、研究者のJOIDESの使用量を示すSESSION数を見ると8月と11月に利用のピークがある。これは、観測の企画・調整の時期と符合するものではないかと推定している。

JOIDESには、JEXAM以外にWOCE, TOGA等のための機能を設けている。当初、メール、電子掲示板のアクセスを研究プロジェクト内に制限していたが、研究プロジェクト間の情報交換の円滑化を図るため、研究プロジェクト間でこれらを相互利用できるようシステムの変更を行った。

4. 結語

昨年度の報告書で指摘したJODC保管のインド洋データの不足をカバーするため、JODCでは各国国立データセンター間のチャンネルを用いて所在情報及び実データの収集に務めた。世界データセンターA及びBには、一定量のデータが既に蓄積されており、特にロシアの世界データセンターBには、インド洋に関する相当量のデータが保管されているが、世界データセンター間のデータ流通に関する取り決めにも係わらず米国の世界データセンターAに転送されておらず、また世界データセンターA保有のインド洋データに旧ソビエトが観測したデータが異様に少ないことから、戦略的・地政学的なデータ管理・流通が伺える。また、おそらく同様な理由でインド国立海洋データセンターのデータが流通されていないが、共同プロジェクトによるデータ掘り起こしの可能性が認識された。

世界データセンターAから入手したデータをもとに、利用できるデータの特性について把握した。デ

ータ量の相当量はメカニカルBTによるもので、本海域の一つの特色と言える。データ量は1970年頃に極小値を示し、以降、近代的測器によるデータに置き換わりつつ増加している。ここ数年のデータ量の見かけの減少は、IBTのデータ量を観測努力の指標と考えると、観測者からデータセンターへのデータ提供のタイムディレイを示すものと考えてよい。冬季のインド洋東部赤道域に我が国のデータが密集していることが注目される。

インド洋内のデータの分布量は依然として少なく、世界データセンターBからのデータ入手及びインド国立海洋データセンター等の保有データの掘り起こしが必須である。掘り起こし方策の一環として、JOIDESの国際間利用による情報の共有化及びJOIDESを用いてのデータ交換を行うことが有効と考えられる。JOIDESを用いてのデータ交換をオペレーショナルに実現するためには、データのフロー制御、回線ノイズ対応、データ転送方式とスループット等について、さらに実証的な実験を進める必要がある。

5. 参照

本稿で用いた略語のうち、説明のないものについてはJOIDES海洋略語辞典を参照したい。

6. 別添図表

表1 インド海洋データセンターのデータ保有状況

表2 インド洋における国別調査実績

表3 インド洋における海洋データのデータ種

表4 JEXAMのJOIDES利用状況

図1 R.V. Gavveshaniの航跡（1986年3月～1987年3月）

図2 O.R.V. Safarの航跡（1986年3月～1987年3月）

図3 調査海域における国別海洋データ量の経年変化

図4 調査海域における国別海洋データ比率の経年変化

図5 調査海域におけるデータ種別海洋データ量の経年変化

図6 調査海域におけるデータ種別海洋データ比率の経年変化

図7-1 調査海域における1月の測点分布図

図7-2 調査海域における4月の測点分布図

図7-3 調査海域における7月の測点分布図

図7-4 調査海域における10月の測点分布図

表1 インド海洋データセンターのデータ保有状況

カテゴリー	デ ー タ の 種 類	測点数
海洋物理データ	サンセンキャスト、塩分、STD/CTD/DBT、MBT、XBT、波浪、海流等	24,116測点
海洋化学データ	O2、PO4、NO3、NO2、pH、NH4、微量金属等	13,286測点
海洋生物データ	クロロフィル、生産率、動物プランクトン、ベントス	3,640測点
地球物理データ	水深、重力、地磁気等	125.113測点

表2 インド洋における国別調査実績

Country	Number	%	Country	Number	%	Country	Number	%
USA	105,920	54.6	INDIA	2,454	1.2	MADAGASCAR	982	0.5
AUSTRALIA	23,137	11.9	THAILAND	1,688	0.9	GERMANY	789	0.4
JAPAN	14,894	7.7	NETHERLANDS	1,616	0.8	NEW ZEALAND	650	0.3
USSR	13,820	7.1	CHINA	1,419	0.7	OTHERS	1,827	0.9
ENGLAND	13,711	7.1	SOUTH AFRICA	1,274	0.7	UNKOWN	1,996	1.0
FRANCE	6,940	3.6	INDONESIA	1,036	0.5	Total	194,153	100.0

表3 インド洋における海洋データのデータ種

種類	Number	%	種類	Number	%
各層	24,367	12.6	XBT	59,617	30.7
STD	564	0.3	SBT	19,690	10.1
MBT	64,376	33.1	IBT	25,539	13.2
			Total	194,153	100.0

表4 JEXAMのJOIDES利用状況

	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
STORAGE量	0	338	390	451	516	570	589	570	586	586	531
SESSTION数	26671	0	30978	46026	121055	71299	46726	121940	53068	62117	14784

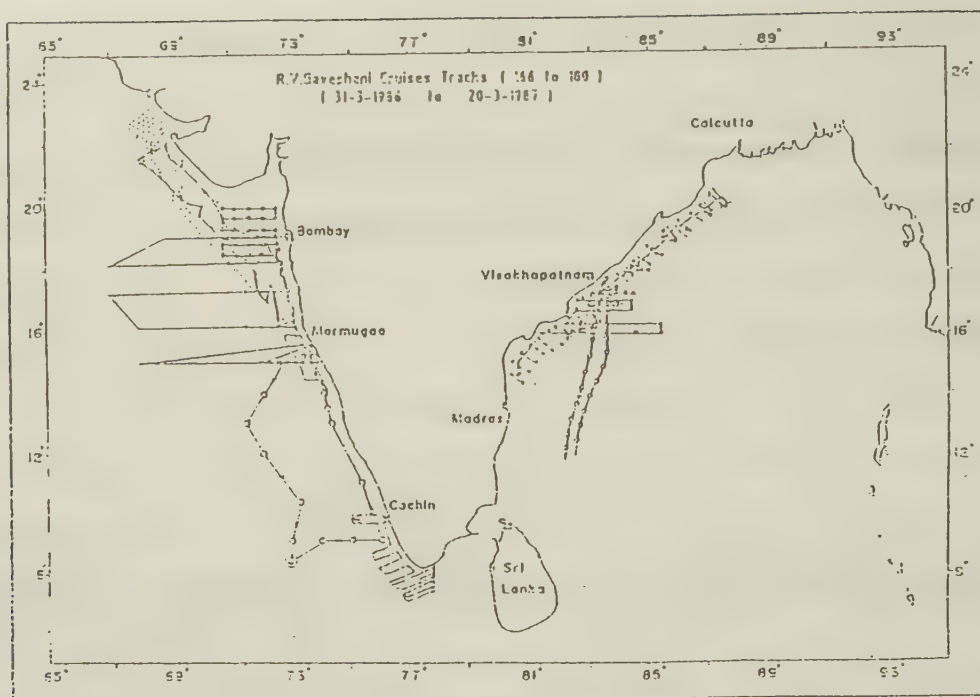


図1 R.V. Gavveshaniの航跡（1986年3月～1987年3月）

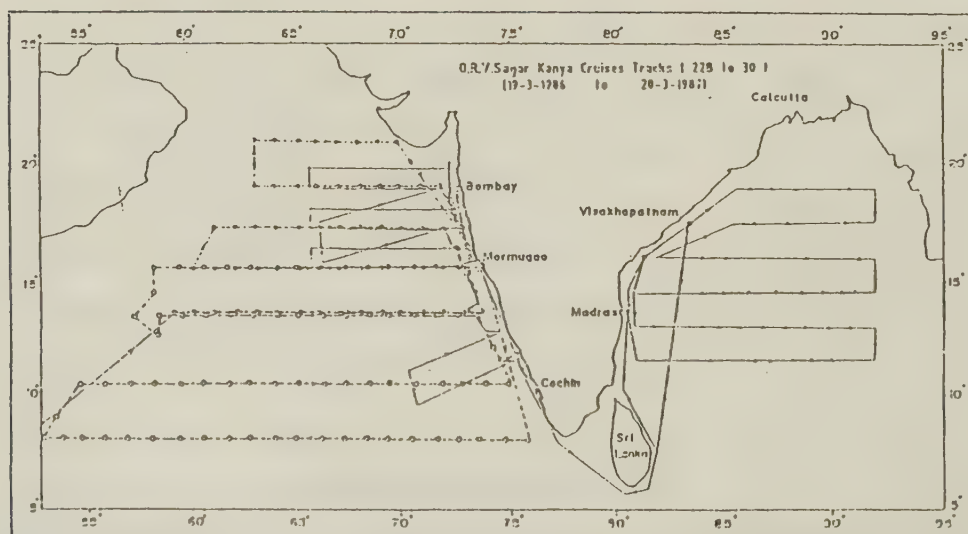


図2 O.R.V. Safarの航跡（1986年3月～1987年3月）

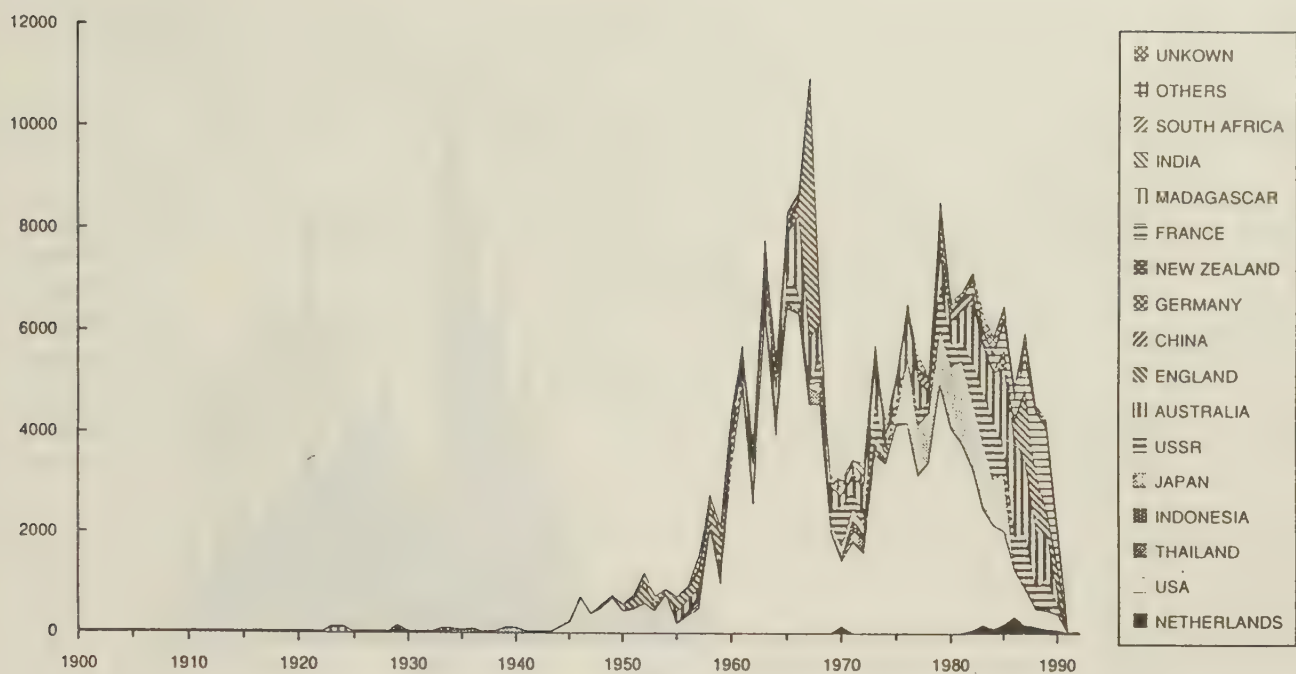


図3 調査海域における国別海洋データ量の経年変化

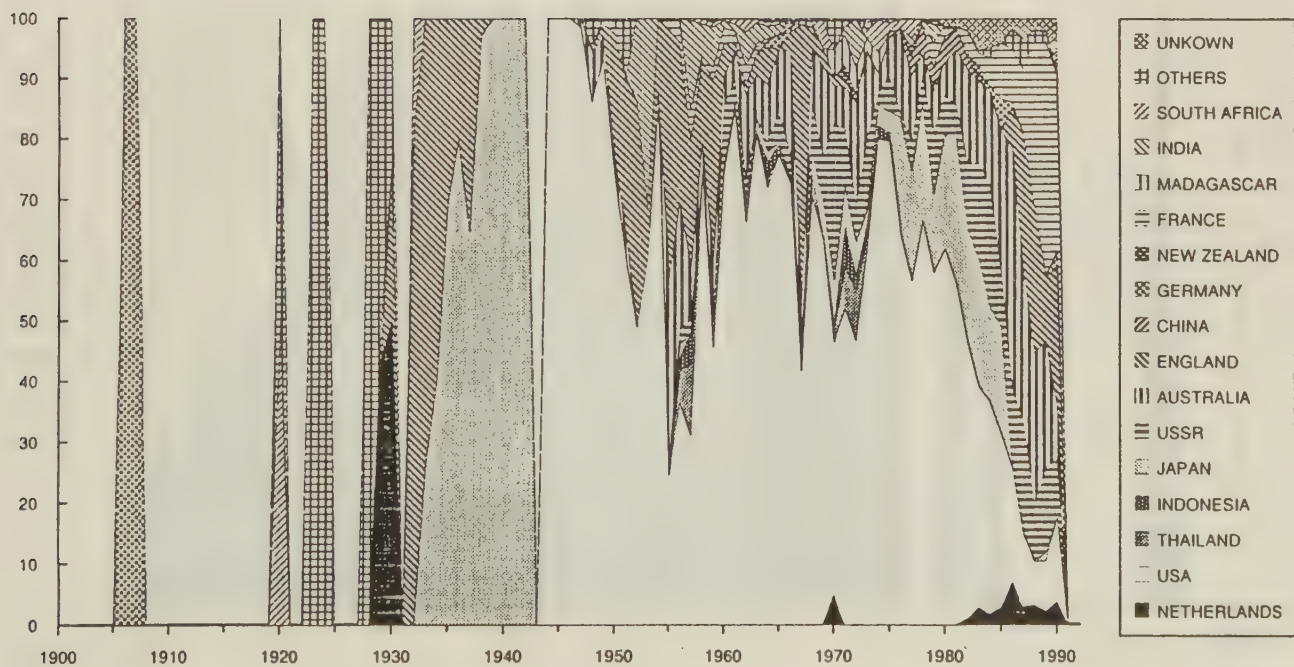


図4 調査海域における国別海洋データ比率の経年変化

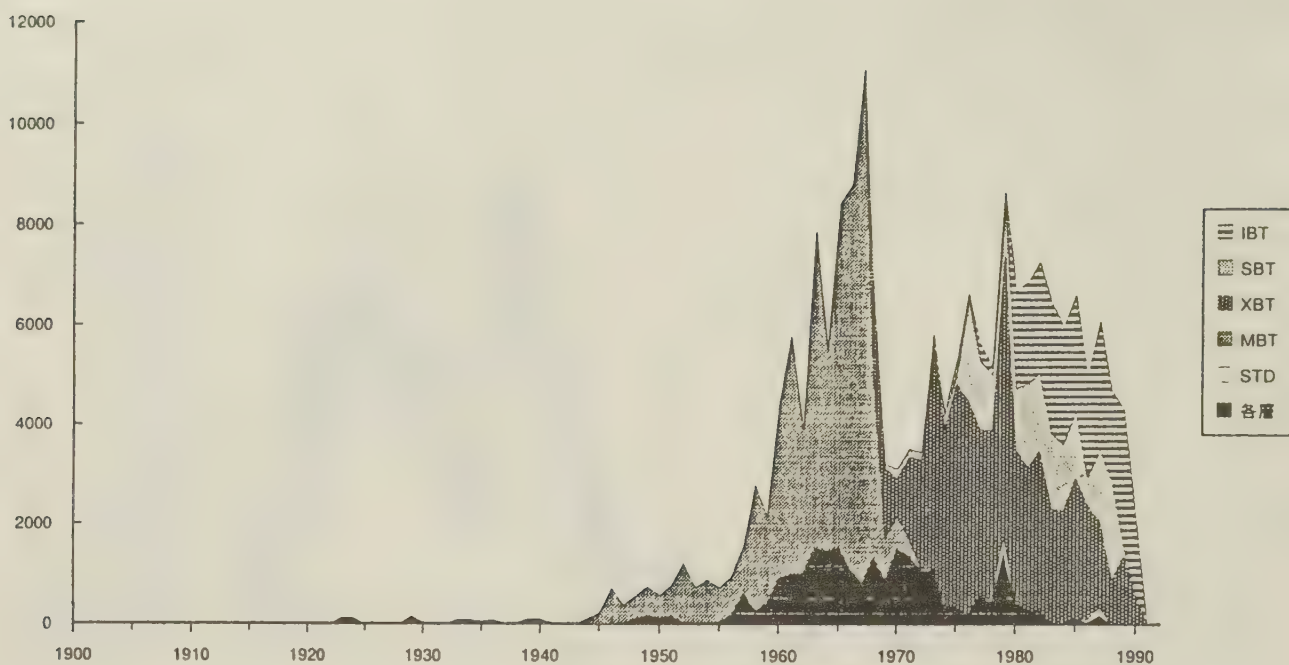


図5 調査海域におけるデータ種別海洋データ量の経年変化

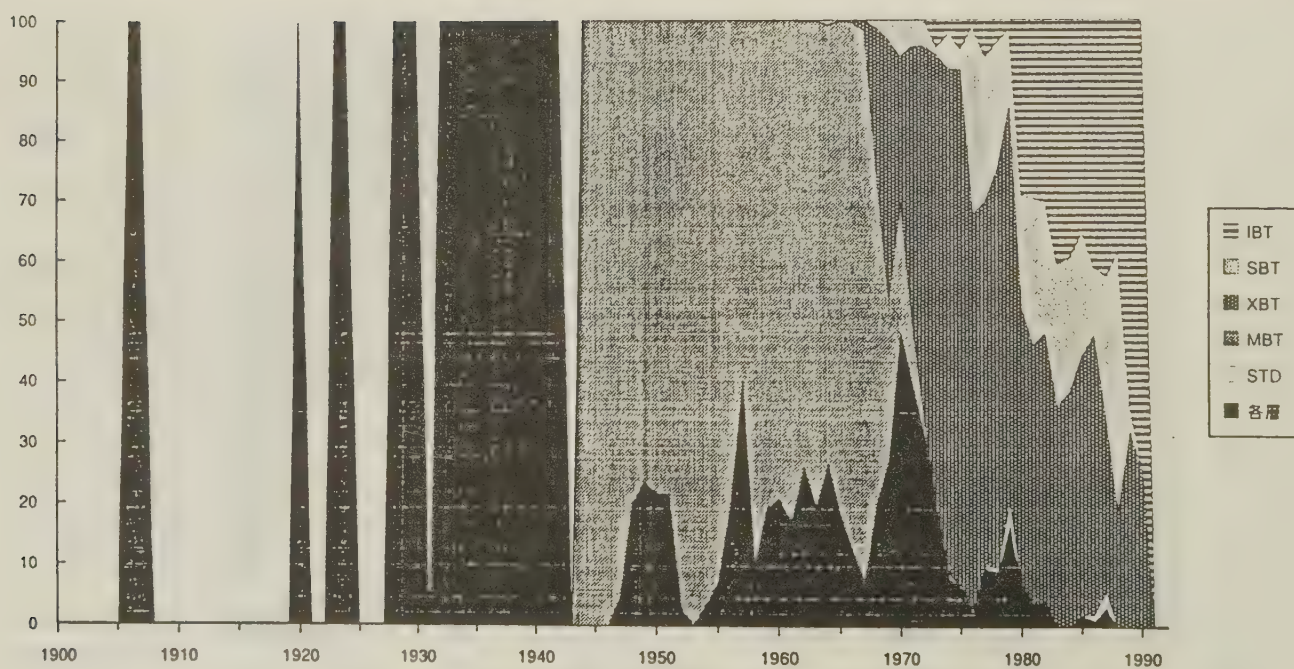


図6 調査海域におけるデータ種別海洋データ比率の経年変化

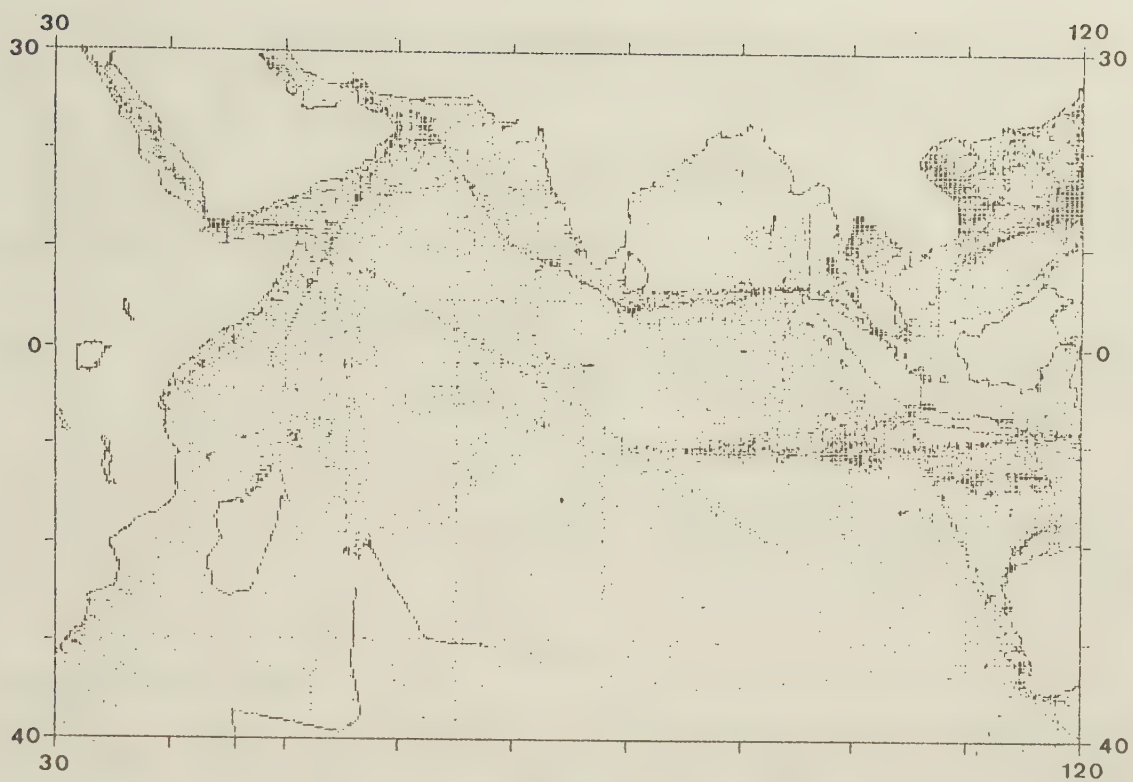


図7-1 調査海域における1月の測点分布図

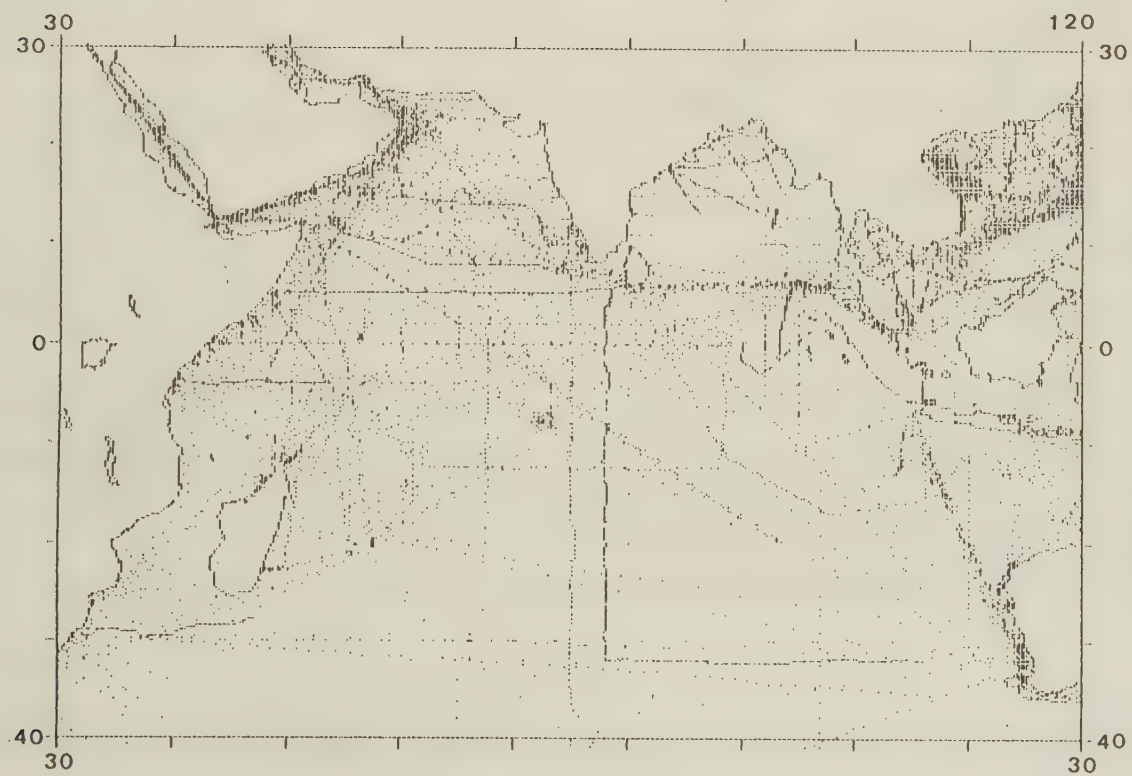


図7-2 調査海域における4月の測点分布図

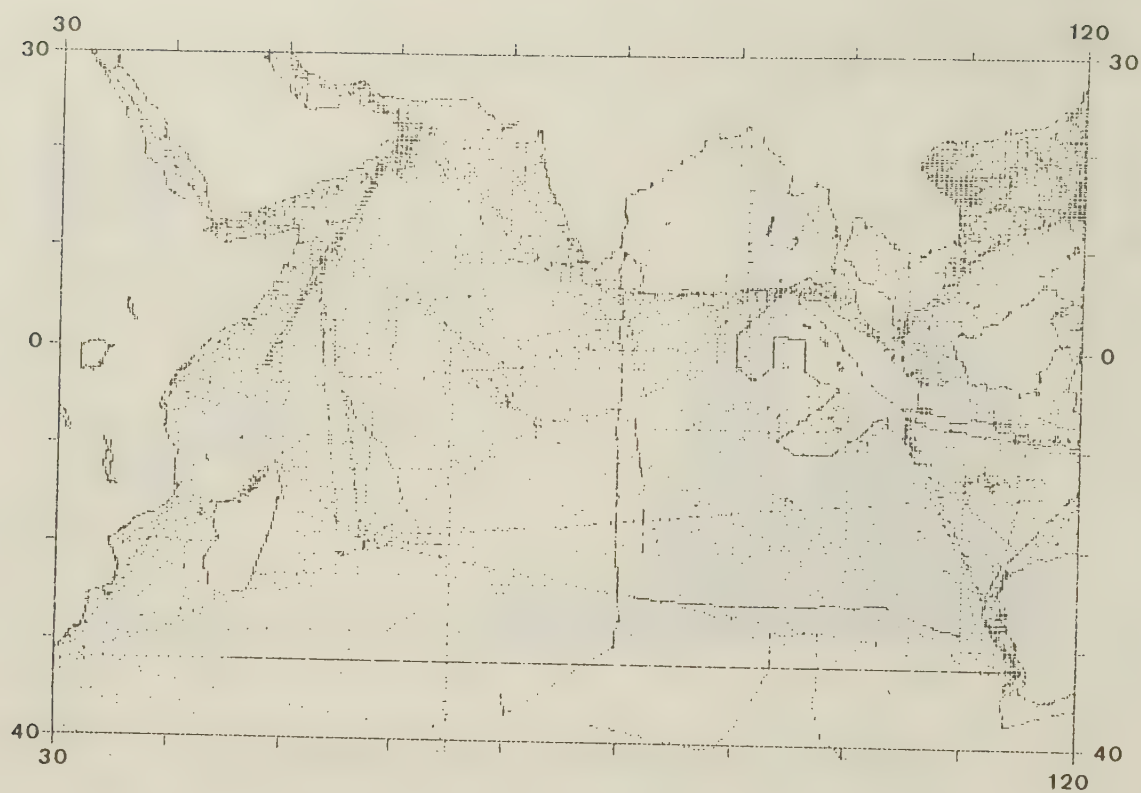


図7-3 調査海域における7月の測点分布図

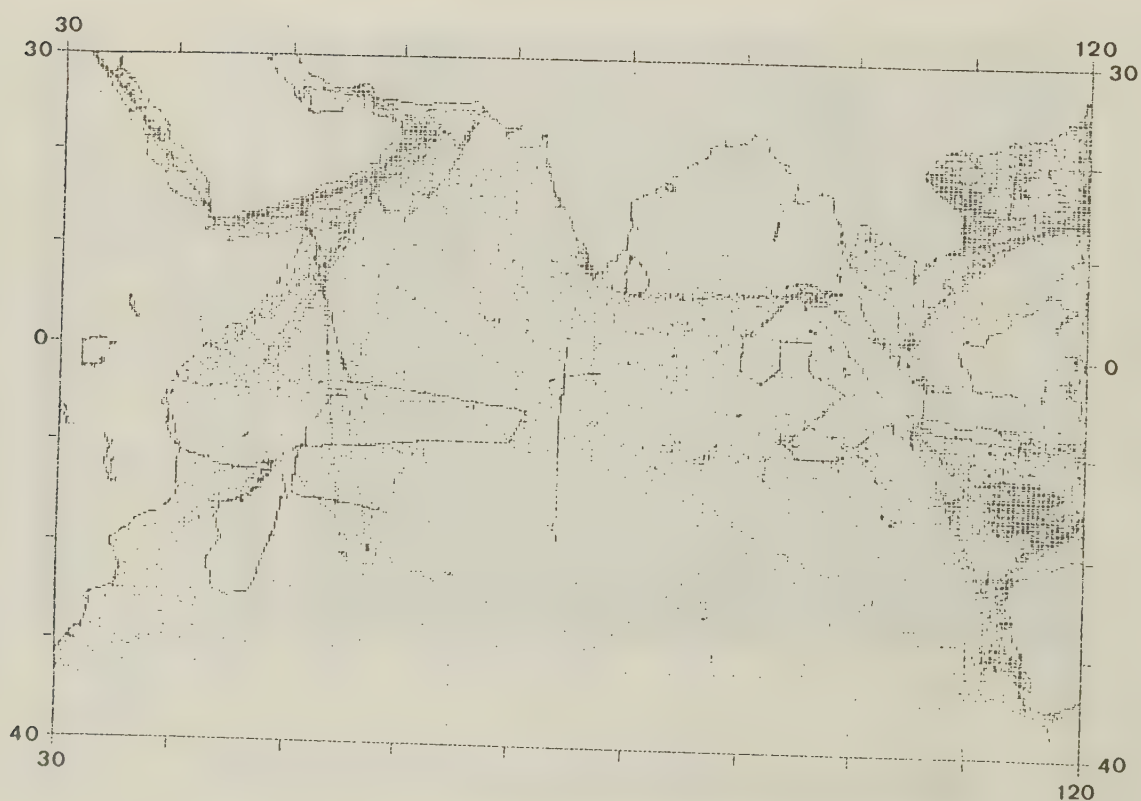


図7-4 調査海域における10月の測点分布図

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究

Study on Air-Sea-Land Interaction and their Long Term Variations

2. 大気・陸面に関する観測研究

Observational Study on Air-Sea-Land Surface Interactions

(1) 広域エネルギー収支に関する観測研究

Observation on Regional Surface Heat Budget

気象庁気象研究所

萩野谷 成徳, 木下 宣幸, 加藤 真規子, 新野 宏,
藤谷 徳之助, 三上 正男, 高薮出, 毛利英明

Meteorological Research Institute,

Japan Meteorological Agency

S. Haginoya, N. Kinoshita, M. Kato, H. Niino,

T. Fujitani, M. Mikami, I. Takayabu and H. Mouri

Abstract

【Purpose of the study】

In order to clarify the mechanism of the Asian Monsoon, which is caused through Air-Sea-Land interactions, the large-scale heat budgets over two different districts are estimated by field observations. One of the districts is Tibetan-Himalaya Mountains Area and the other the Indian Ocean-South China Sea Area. Because of the vastness of the districts and their unsuitable conditions for observations, observatories or ships in these districts are so sparsely distributed that the basic meteorological data to clarify the mechanism of the Asian Monsoon are lacking. This study aims to collect these basic data and estimate two large-scale heat budgets.

【Method of the study】

Since the heat budgets in two districts are studied by different methods, they are described separately.

(1) Tibet

①In order to improve some defects of the AWS found through the test operation in the last financial year, test operation was continuously carried out in the field of Meteorological Research Institute. ②A set of AWS was newly prepared.

(2) Indian Ocean

①AWS was loaded onto regular container liner, Osaka-Maru(31,382 tons), of Mitsui-Osaka-Lines. The observation was carried out during her round trip between Japan and Republic of South Africa through the South China Sea, the Strait of Malacca and the Indian Ocean. ②Wind tunnel experiments were carried out to estimate the effects of the ship body on wind. ③Routine meteorological data were analyzed to find out the influences of disturbance with precipitation on meteorological elements.

【Results】

(1) Tibet

AWS could find the roughness length of the test field. Results were reasonable to compare with the previous study. Two soil moisture gages obtained water

content of the soil that is necessary to estimate more accurate value of heat capacity of soil. Heat capacity of soil was directly measured by soil sampling. The results are compared with indirect method which applied before. It was confirmed that the indirect method was reasonable.

(2) Indian Ocean

The results from Osaka-Maru Cruise showed that the AWS obtained the dense data set in time interval. AWS's data are compared with those of log book which Osaka-Maru observed independently every 4 hour interval. Wind data of log book is good agreement with that of AWS. On the other hand air temperature data of log book is about 1°C to 2°C higher than that of AWS. This is the influence of ship body heating. Temperature of cooling water for engine is about 2°C lower than sea surface temperature. Ship body of Osaka-Maru produces little effect on wind field around the forecastle mast when the wind direction is head wind case. Disturbances with precipitation has mainly effect on temperature and humidity difference between sea surface and air.

1. 研究目的

本研究では、大気を媒体とした海洋と陸面間の相互作用として発現しているアジアモンスーンの機構を解明するため2つの異なる地域における広域のエネルギー収支を評価する。そのうちの1つはインド洋・東南アジア地域の海面フラックス、もう1つはチベット・ヒマラヤの山岳地帯の地表面フラックスである。現在これらの地域・海域は、対象域の広大さや観測環境の厳しさ等から観測体制が整備されておらず、気象の基本的要素に係わるデータの収集が必ずしも十分に行われているとはいえない。アジアモンスーンの機構解明にはこれらの基本的データを収集することがぜひとも必要である。本研究ではこれら基本的データを現地観測により収集し、それに基づいて広域熱収支解析を行うことを目的としている。

2. 研究方法

今年度は以下の2つの項目について研究を実施した。なお、各項目には研究対象地域名をつけてある。

(1) チベット

①前年度に問題となった事項を改善するために山岳用自動気象観測装置 (Automatic Weather Station, AWS) の試験観測を引続き気象研究所構内で実施した。

②山岳用AWSを更に1台整備した。

(2) インド洋

①大阪商船三井船舶株式会社の定期コンテナ船「大阪丸(31,382t)」に船舶用AWSを搭載し、インド洋航路の観測を実施した。

②船体の風に対する影響を見積るために船体模型を用いて風洞実験を実施した。

③降水擾乱が海上気象要素におよぼす影響をルーチンの気象データを用いて解析した。

3. 研究成果

(1) チベット

ア. 【前年度の問題点とその改良】第1：本装置では空気力学的粗度 z_0 を測定できない。 z_0 の草丈に応じた変化や風向別の変化を与えないと系統的誤差の要因になる。風速の鉛直分布を測定して z_0 を知る。第2：本装置では土壌水分を測定していない。土壌熱容量は土

壤に含まれる水分量の影響を受けて変化するが、この影響を入れることが困難であった。土壌水分を測定する装置を取り付けた。第3：本装置の降水量計には構造上の問題がある。雨水はこの降水量計の受口部にある木製の栓の小さな穴を通して滴下する。この水滴の数を計数してそれを降水量に換算する原理になっている。しかし、この穴がつまったりするらしく高層気象台で観測している降水量に比べ著しく少ない。降水量計の改造は難しいので実際の観測では木製の栓を交換することで対処する。第4：総日射計のドームの劣化が早い。比較校正のため半年ぐらい屋外に出しておいたもののうちでドームが破損するものがあつた。観測ではドームの交換を4カ月に1回行うことで対処する。

イ。【観測の概要】アーンデラー社製自動気象観測装置を気象研究所構内の草地の上に設置し、3高度（10m、5mおよび2.5m）の風速と温度の鉛直分布の観測を行った。装置の外観および性能については萩野谷ほか^{1)・2)}に述べられている。日射センサーの特性を調べるために高層気象台の日射量観測値と長期間の比較観測をした。

ウ。【解析方法】大気安定度が中立付近のデータを抽出するために、観測データのうち10m高度での風速が4m/s以上、10mと2.5mの温度差が -0.2°C から 0°C の間にあること、の両方の条件を満たすデータを選んだ。対数分布を仮定して地面粗度 z_0 を求めた。土壌を採取して乾燥土壌の比熱 C_s と密度 ρ_s を求めた。また土壌水分計を設置し、土壌水分をモニターして地中伝導熱の見積精度を上げた。

エ。【結果】1991年1月から6月までのデータから得られた粗度 z_0 を風向別に平均した結果をFig. 1に示す。東側で粗度が他の方向に比べて著しく大きいのは、建物の影響と考えられるため、この方向のデータは以下では使用しない。Fig. 2には風向別に平均した z_0 の月変化を示す。 z_0 の増加傾向は春から夏に向かって設置地点周辺の草が伸びたり木に葉が繁ってくるといった地表の季節変化に対応していると考えられる。土壌の熱容量の実測の結果、乾燥土壌の比熱 $C_s=1.38\times 10^3\text{J/kgK}$ 、土壌の熱容量 $C_p=3.37\times 10^6\text{J/m}^3\text{K}$ となった。 C_s は泥炭地と砂地の間の値に位置している、 C_p の値は地中温度の日変化の幅から推定する方法³⁾で得た値 $3.29\times 10^6\text{J/m}^3\text{K}$ に近く、後者の方法の妥当性が確かめられた。土壌水分計の出力と1時間降水量をFig. 3に示す。出力値は降水があると小さく（土壌が湿った状態を表す）なり、その後大きく（土壌が乾燥した状態を表す）なっており降水とよく対応している。

(2)インド洋

①大阪丸による観測

ア。【観測の概要】風、温度等観測部を前部マスト上に、日射・赤外放射計部をブリッジ甲板のマスト上に、気圧計とGPS受信機をブリッジ内にそれぞれ設置した（Fig. 4）。データは10分毎に記録した。なお、大阪丸では船側で独自に気象観測を行っている。これらのデータは4時間毎に航海日誌に記録している。この中にエンジン冷却水をモニターした水温データがある。このデータを海面熱収支解析の海面温度データとして用いた。Fig. 5に観測航路を示す。観測海域は東南アジア海域からマラッカ海峡を経てインド洋を横断し、南アフリカのケープタウンまでの区間である。大阪丸はこの航路を2カ月に1往復の割合で航行している。観測期間および観測項目を第1表に示した。観測は現在も実施中である。

イ。【観測結果】1991年秋から1992年前半は1986-87年以来の大規模なエル・ニーニョといわれている。対流活動の活発な領域（ITCZ）はインドネシア付近に位置していた。南支那海とインド洋の海面水温偏差はおおむね正偏差であった⁴⁾。

気圧の自動測定：Fig. 6にstage 1の航海で得られた気圧の時系列を示す。図中、実線はAWSで測定した値、+印は大阪丸の航海日誌の値である。但し、AWSのデータは航海日誌の値で再校正しなおしたものをプロットした。20°Nから20°Sの熱帯域で大気潮汐の半日周期

が見られる。20°N以北と20°S以南では高低気圧の通過に伴う大きな気圧の変化が観測されている。

日射量の自動測定：Fig. 7にstage 2と3の航海で得られた日積算全天日射量の時系列を示す。12月28日から1月3日にかけてと4月1日から5日にかけて日射量が小さいのはインドネシア付近のITCZの中に入っていたからである。

stage 3の航海ではAWSの全測定要素が得られた。そこで船側で行っている観測値との比較をする。

真風向と真風速は船に相対的な見かけの風向・風速と、GPSで測定した10分毎の船の位置から求めた船速・針路と、を用いてベクトル計算をして求めた²⁾。データは船速・針路が一定している時を抽出した。船速・針路が一定しているかどうかの判定は次の基準に従った。瞬間の船速が10kt以上、10分平均の船速（10分毎の位置から求めた船速）と瞬間の船速（連続した2回の位置のサンプリングデータから求めた船速）との差が2kt以下。船側で観測した風向・風力とAWSで測定した真風向・真風速との比較をFig. 8に示す。大阪丸の風向風速計（風車型）はブリッジ上甲板のマスト上右舷側に取り付けられている。取り付け場所の違いや風向風速計のメーターから風向や風力を読み取る測定方法によりばらつきはあるが概ねよい対応をしている。

Fig. 9に日平均した温度の時系列を示す。この図にはAWSの測定値の他に船側で観測した気温（ブリッジ甲板で測定）とエンジン冷却水温度もプロットしてある。船側の気温は測定場所の違いもあるが、船体加熱の影響を受けてAWSの値よりも1°C以上高めである。一方、エンジン冷却水温度は取水口が水深～11mのところにあり、取水口から温度測定位置までの間に船体の影響があること、などが原因で赤道域でAWSの気温よりも低くなっている。この時期の気候系監視報告No. 92-02～No. 92-04⁴⁾の海面温度とエンジン冷却水温度を比較すると約2°Cエンジン冷却水温度が低くなっていたので、一律2°Cの補正を施して海面温度とした。Fig. 10には気温とエンジン冷却水温度を比較した結果を示す。データは航行時のもののみをプロットした。またAWSの値は1時間平均値、エンジン冷却水の値は4時間毎の値である。実線は $y=x$ の関係である。破線は2°Cの補正をした場合の $y=x$ の関係である。

②船体模型を用いた風洞実験

ア. 【目的】「大阪丸」には船舶用AWSのうち矢羽根式風向計と3杯風速計を船体の影響がないと思われる船首マスト上に設置してある。しかし船体が風におよぼす影響を定量的には見積っていない。一方、気象通報で送られてくる風のデータは船に搭載してある風車型風向風速計で測定したものであるが、この風速計は船首マストに設置してあるとは限らずブリッジ上甲板のマストに設置されていたりして、船体の影響を受けている恐れがある。ここでは船上で測った風のデータが船体の影響をどの程度受けているかを模型実験で定量的に見積る。

イ. 【実験結果】実験に用いた風洞は測定部分が幅3m、高さ2m、長さ18mの水平単回路室内回流式である。風速は 0.3ms^{-1} ～ 20ms^{-1} までを±1%の精度で制御できる。乱れの強度（風速の標準偏差を平均風速で割ったもの）は0.5%以下である。用いた模型は「大阪丸」の他に第2表に示した模型を用いた。実験は船首方向から風が吹いた場合と船首から45°斜めの方向から吹いた場合の2種類について行った。また模型全体がべき風速分布の乱流境界層の内部に入るように、風洞床面に乱流発生装置や種々の大きさの粗度を配置した。測定要素は主風向方向の水平風速と鉛直風速の2種類である。風速は境界層の外側で 5ms^{-1} になるように設定した。風速測定部（前部マスト上）で測定した風が船体によってどの程度変形されているかを見るために、風速変形率を求めた。変形率は船体模型を置いたときの風速測定値を模型が無いときの値で規格化した値から1を引いたものを%で表したものである。例えば5は船体の影響で5%風速が増加していることを示している。船首方向から風が吹いた

場合について、模型No.1からNo.8までの結果をFig. 1 1に示す。風速分布の座標は船首を原点として、風下方向にx軸、鉛直方向にz軸をとった。それぞれ海面から船首甲板までの高さHで無次元化して表している。図には他の研究者による結果も併せて示した。また直方体の対角線方向から風が吹いたときの実験結果も示した。模型No.7, 8および9は船体の風洞内で占める断面積の比が1%以上あり無視できない。結果を見る場合はFig. 一近似として変形率から断面積の比を差し引いて見る。各船体模型の変形率を比較するとわかるように、船体の影響は船毎に大きく異なっている。甲板上の構造物が船首近くにあるときは風速を減少させるように働き、甲板上に構造物がないときは風速を増加させるように働く。後者の場合は風が甲板上で収束するために風速が増加すると考えられる。船体構造物の配置によって風が大きく影響を受けることが定量的に明らかになった。図には示さないが45°の方向から吹いた場合は正面から吹いた場合よりも船体の影響が大きい。「大阪丸」の場合マストの位置(図中の座標で $(x/H, z/H) = (0.8, 0.7)$ の位置に相当)では変形率が3%以下で船体の影響が小さい。

③降水擾乱がフラックスにおよぼす影響

ア. 【目的】海面での熱収支をバルク法で求めるときは、海面温度と気温との差や同じく比湿差および風速を使うがこれらの気象要素は降水の有無によって大きく異なる。通報データによるデータ解析では1日最大8回観測のデータを単純に平均して日平均値を求め、それを基礎データとして熱収支を求めている。しかしながら、擾乱があったにも関わらず、8回の観測時間に偶然に擾乱に遭遇しなかった場合や、擾乱の近くを通過したが降水に遭わなかった、などのデータを用いる場合は真の日平均値や面平均フラックスを求めるときに大きな誤差になる。ここでは降水擾乱が海上気象要素におよぼす影響をルーチンデータ(一般海上気象データ)を用いて定量的に評価した。

イ. 【結果】擾乱の有無を船舶気象観測指針⁸⁾にある現在天気で判定した。指針では現在天気の値が「00～19」の時は「観測時観測地点に降水はない。観測時前1時間内に観測点に降水・霧・砂じんあらし・雷雨がなかった」と定義し、「20以上」の時は「観測時または観測時前1時間内に降水等の擾乱があった」と定義している。そこでここでは現在天気が「20」以上の時を降水の影響ありとして「降水時」、「19」以下の時を降水の影響なしとして「非降水時」と呼ぶことにする。主な結果は、以下の通り。20°以南の熱帯域では降水時は非降水時に比べて海面温度と気温の差が1°C、同比湿差が $1g \cdot kg^{-1}$ 、風速が $2m \cdot s^{-1}$ それぞれ大きくなっている。その結果、バルク法⁵⁾による顕熱フラックスが $10W \cdot m^{-2}$ 、潜熱フラックスが $10W \cdot m^{-2}$ それぞれ大きくなっている。ボーエン比の緯度分布は30°N以南では降水時の方が非降水時に比べて2倍程度大きい。20°N以南では降水時/非降水時それぞれの緯度による違いは小さい。Fig. 1 2に降水時/非降水時の気象要素の比較を示す。

4. 考察

(1)チベット

AWSの不備な点が改良された。本装置で z_0 が求められることが示された。土壌の熱容量を土壌を採取して求めた。間接的に求めた値と比較して間接法の妥当性を確かめた。チベット現地での観測の準備が整った。

(2)インド洋

AWSをインド洋航路の船舶に搭載し、データが滞りなく取得できた。本システムにより、データの少ないインド洋海域の海上気象データを時間的に密に精度良く集めることができる。当初の予定通り順調に研究が進んでいる。今後の課題は次の通り。stage3以降のデータを用いて観測航路に沿った海面熱収支解析を行う、4時間毎の海面温度の記録を連続的に記録すること、XBTとの比較

観測をしてエンジン冷却水と海面温度の間の補正値を求めること。

(3)今後の研究計画

①チベット

今年度延期となった、研究者の日本招聘、中国に装置を送ることおよび操作方法のトレーニングを中国で行うことの3点について実施取り決め調印後、早急に実施する。1992年夏までにチベットに装置を設置するための準備をすすめる。

②インド洋

今回のデータを基にして付近を航行中の他の船舶や衛星データ等のデータを較正し、ベルト状の広域海面熱収支を求める。10分毎の密なデータセットが得られたので、これを基に降水擾乱と気象要素やフラックス等との関係についても解析する。前年度に引続き一般の船舶に装置を搭載し、東南アジア・インド洋航路の観測を実施し、観測データを取得する。

5. 引用文献

- 1)萩野谷成徳，木下宜幸，加藤真規子，新野宏，藤谷徳之助，戸矢 時義，三上 正男，1990:広域エネルギー収支に関する観測研究，海洋開発及び科学技術調査研究費平成元年度成果報告書「アジアモンスーン機構に関する研究」，41-49.
- 2)萩野谷成徳，木下宜幸，加藤真規子，新野宏，藤谷徳之助，三上正男，高薮出，毛利英明，1991:広域エネルギー収支に関する観測研究，海洋開発及び科学技術調査研究費平成2年度成果報告書「アジアモンスーン機構に関する研究」，77-92.
- 3)竹内清秀，近藤純正，1981：大気科学講座1，東京大学出版会，226pp.
- 4)気候系監視報告，1991，1992:No.91-10～No.92-04，気象庁編。各50pp.
- 5)Kondo, J., 1975: Air-sea bulk transfer coefficient in diabatic conditions. Boundary-Layer Meteorol. 9, 91-112.
- 6)加藤真規子，1991:基本的な形状の建物屋上における風観測に関する風洞実験，研究時報，44，1-13.
- 7)光田寧，石田廣史，1976:船体上の風の流れ，日本航海学会論文集，No.56，1-8.
- 8)船舶気象観測指針，1985:気象庁編，221pp.

6. 成果の発表

1)国内

発表者名	発表題名	学協会誌名等	備考
(論文) 萩野谷成徳 木下 宜幸 加藤真規子 新野 宏 藤谷徳之助 三上 正男 高薮 出 毛利 英明	広域エネルギー収支に関する観測研究	科学技術庁研究開発局 海洋開発及び科学技術調査研究費平成2年度成果報告書「アジアモンスーン機構に関する研究」,77-92,1991.	
萩野谷成徳 藤谷徳之助	簡易日射計を用いた船上での日射量の測定	日本気象学会 「天気」Vol.38,645-648,1991.	
萩野谷成徳	啓風丸で観測された水温日	日本気象学会	

小幡 紀一 木下 宣幸	変化についての熱収支的考察	「天気」投稿中。	
S.Haginoya	Observation on Regional Surface Heat Budget-Plan preliminary results and review of analysis method-	アジアモンスーン機構に関する研究「日本と中国におけるアジアモンスーン研究」, 70-91, 1992.	
萩野谷成徳	広域海面熱収支の自動観測のための船舶用自動気象観測装置	日本気象学会 1992年春季大会シンポジウム予稿集, 1992.	
(口演) 萩野谷成徳 小幡 紀一 木下 宣幸 藤谷徳之助 江口 一平	啓風丸で観測された水温の日変化についての熱収支的考察	日本気象学会 1991年春季大会講演予稿集, 244, 1991.	
萩野谷成徳 木下 宣幸 藤谷徳之助	広域海面熱収支の自動観測(1)	日本気象学会 1991年春季大会講演予稿集, 102, 1991.	
木下 宣幸 萩野谷成徳	自動気象観測装置を用いた地表面熱収支の試験観測	日本気象学会 1991年春季大会講演予稿集, 106, 1991.	
萩野谷成徳 木下 宣幸 藤谷徳之助	広域海面熱収支の自動観測(2)	日本気象学会 1991年秋季大会講演予稿集, 155, 1991.	
萩野谷成徳	降水擾乱が海上気象要素におよぼす影響	日本気象学会 1992年春季大会講演予稿集, 94, 1992.	

7. 関係国との協力

本研究のうちチベット高原における気象観測は中国国家気象局気象科学研究院との共同研究で行われる。昨年度に引続き今年度も実施取り決めが調印されなかったため研究計画のうち中国人研究者の日本招聘、中国への装置の移送および中国での操作トレーニングが来年度に延期となった。

第1表 「大阪丸」による自動観測

Table 1 AWS's observation of Osaka-Marui Cruise

stage	observation period	observation elements
1	19, Oct., 1991 ~16, Dec., 1991	P
2	16, Dec., 1991 ~16, Feb., 1992	P, GSR
3	16, Feb., 1992 ~16, Apr., 1992	Wd, Ws, T, RH, P, Pr, GSR DLR, GPS's position
	16, Apr., 1992 ~	Wd, Ws, T, RH, P, Pr, GSR DLR, GPS's position

(note)

Wd:Wind direction, Ws:Wind speed, T:Air temperature,

RH:Relative humidity, P:Pressure, Pr:Precipitation,

GSP:Global solar radiation, DLR:Downward long wave radiation

第2表 船体模型実験のまとめ

Table 2 List of Wind tunnel experiments on the ship body

No.	ship's name	references	scale of the model	length cm	breadth cm	H cm	ratio %	type
1	rectangular prism	6)		D×W×H=4×4×2 D×W×H=8×16×12			0.02 0.29	
2	Talabot	7)	1/450	37.3	5.3	3.4	0.22	cargo
3	Sunflower	"	1/500	37.0	4.8	2.4	0.15	car ferry
4	Phenix	"	1/200	59.0	10.0	6.5	0.83	car ferry
5	Natsushima	Present	1/100	67.0	13.0	5.7	0.12	R/V
6	Osaka Maru	"	1/200	105.5	16.0	6.6	0.18	container
7	Chemical Tanker	"	1/17	258.8	46.0	25.5	1.96	tanker
8	Tanker	"	1/17	323.5	88.0	20.5	3.01	tanker
9	R/V	"	1/10	260.0	52.0	36.8	3.19	R/V

(note)

H:height from the water level to the forecastle deck

$$\text{ratio} = \frac{\text{breadth} \times H}{S} \times 100$$

S:area of the wind tunnel cross section

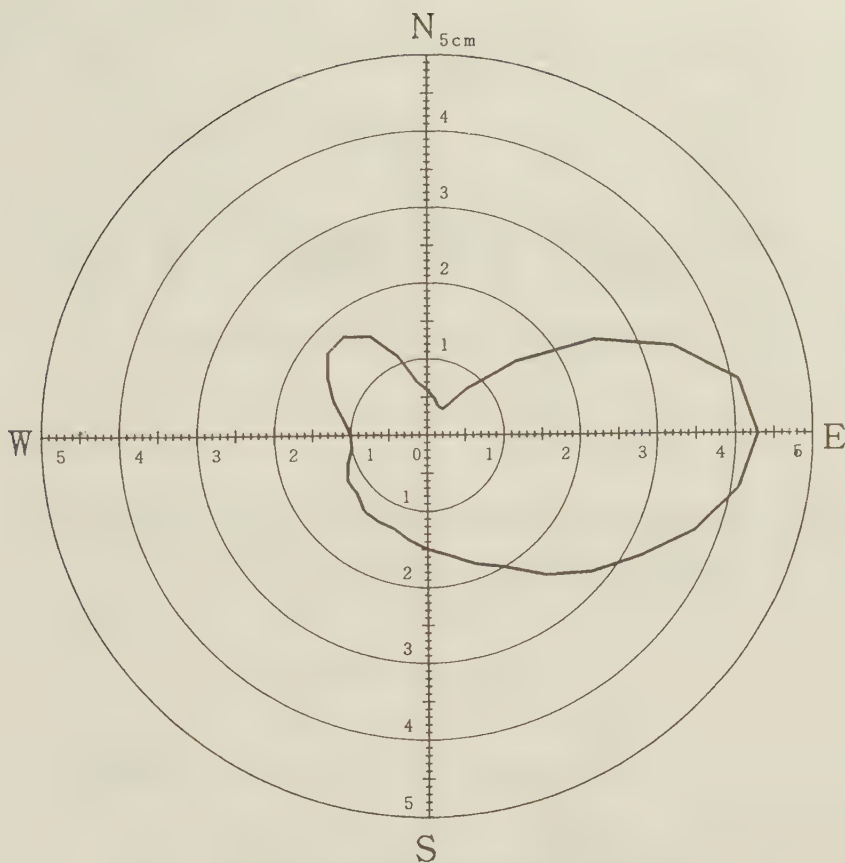


Fig.1 Dependence of the surface roughness length on the wind direction.

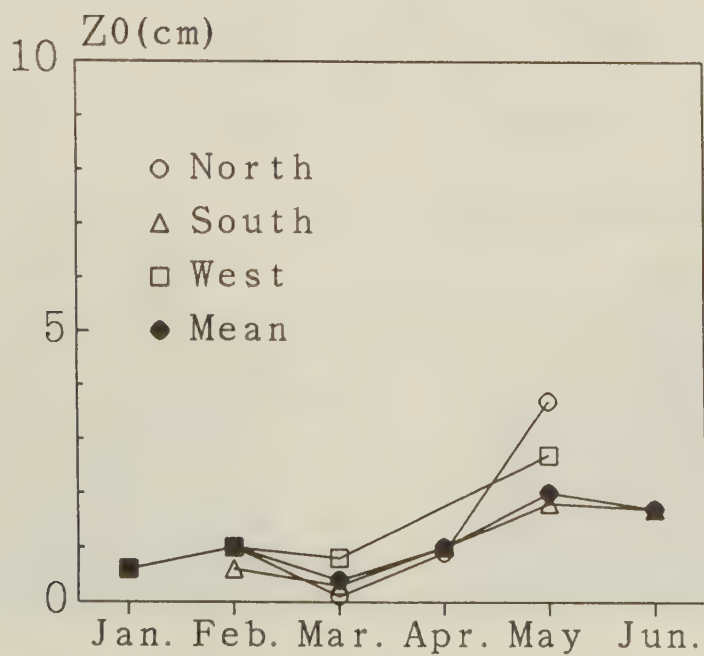


Fig.2 Monthly variation of the roughness length Z_0 .

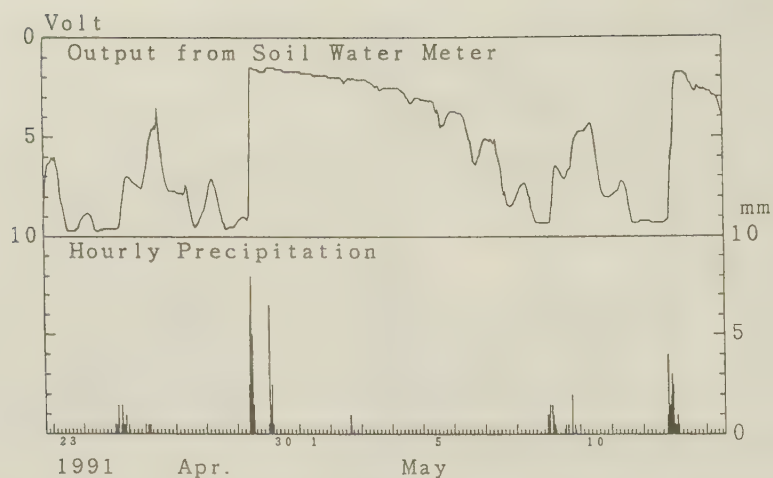


Fig.3 Hourly variation of the mean output from the two soil water meters and hourly precipitation.

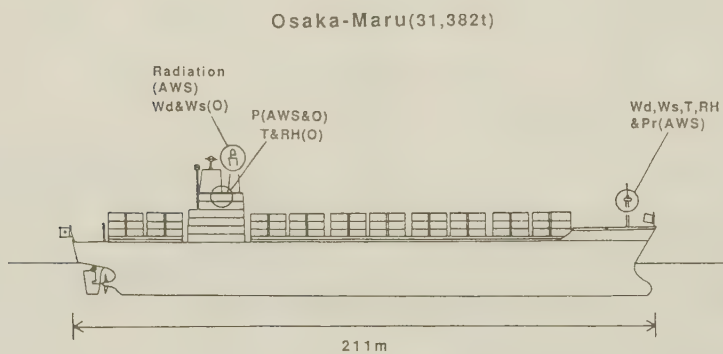


Fig.4 Arrangement of instruments.

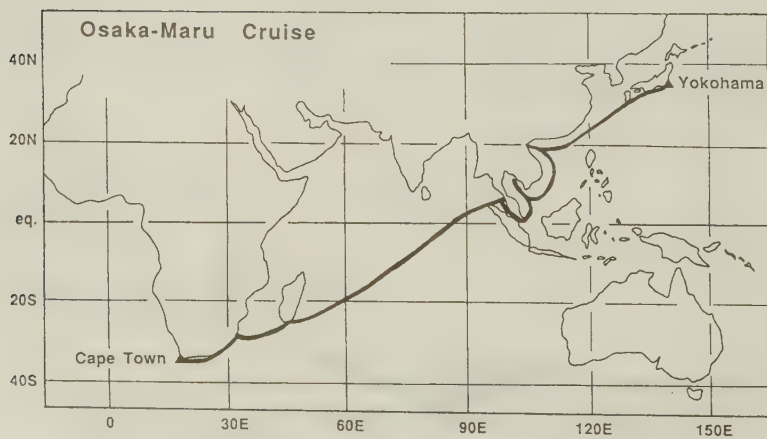


Fig.5 Course of Osaka-Maruk Cruise.

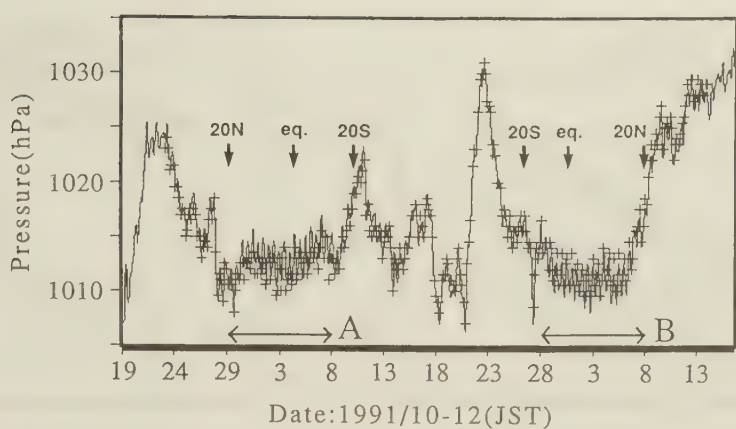


Fig.6 The variation of the hourly mean pressure. The solid line is AWS's observation, "+" mark indicates the value of log book.

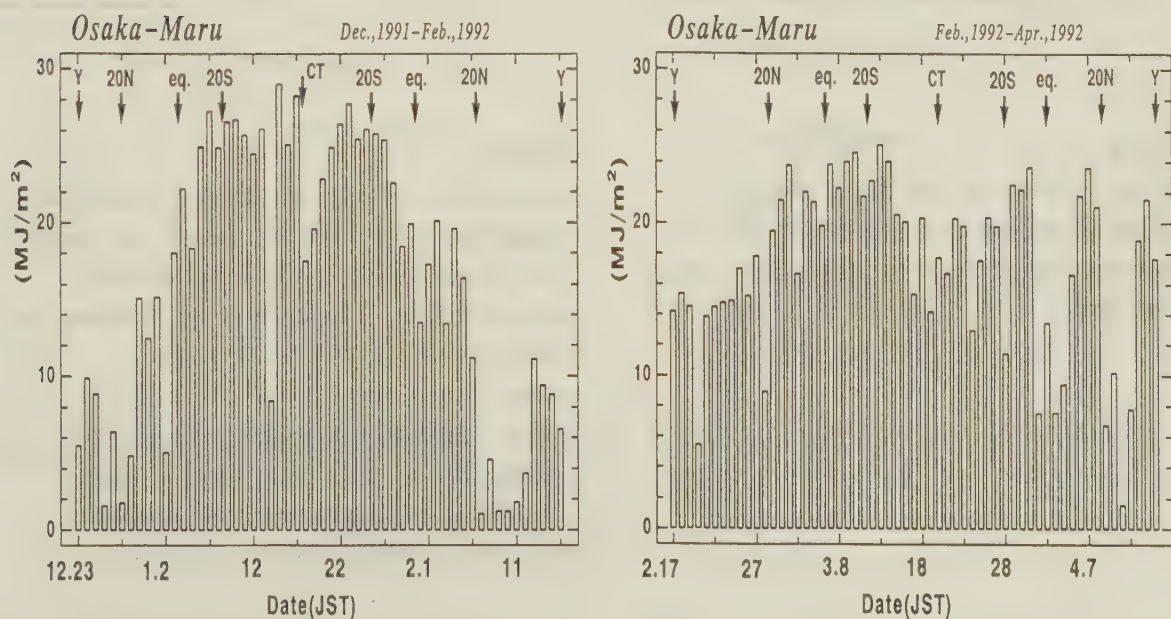


Fig.7 The variation of the daily accumulated global solar radiation. Y:Yokohama, C:Cape Town.

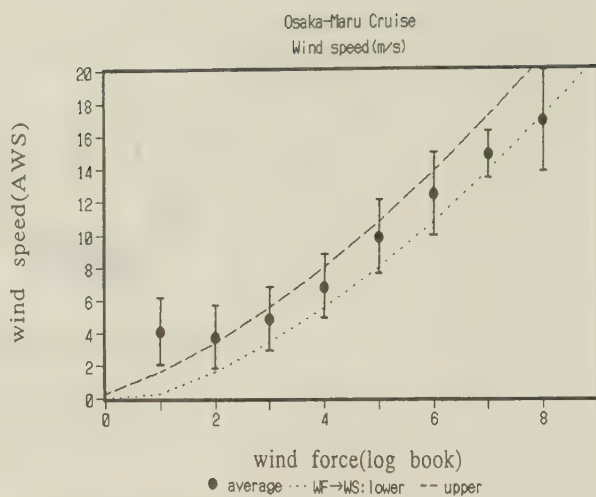
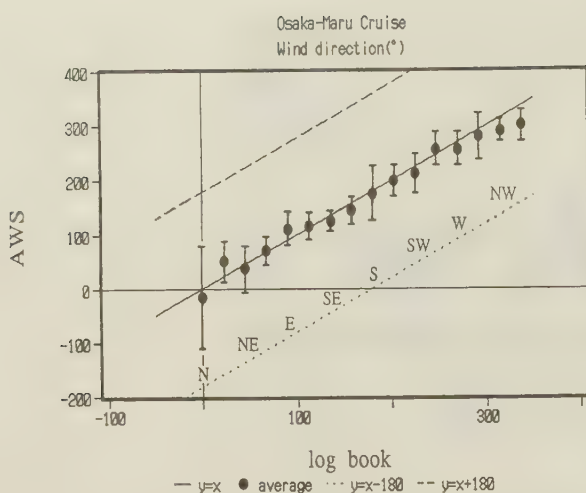


Fig.8 Comparisons of log book data with those of AWS. (a):Wind direction, (b):Wind force(log book) and Wind speed(AWS).

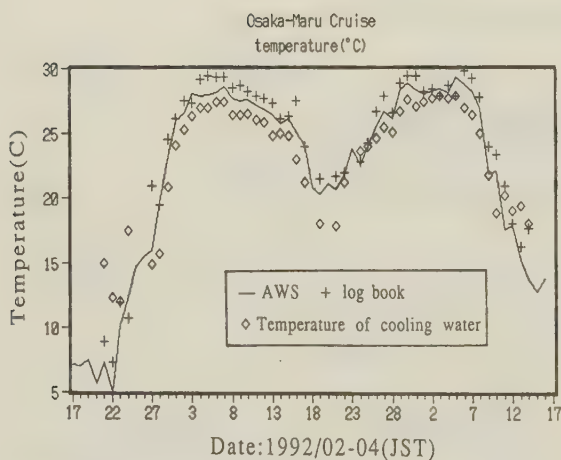


Fig.9

The variation of the daily mean air temperature(AWS and log book) and temperature of cooling water for engine (log book).

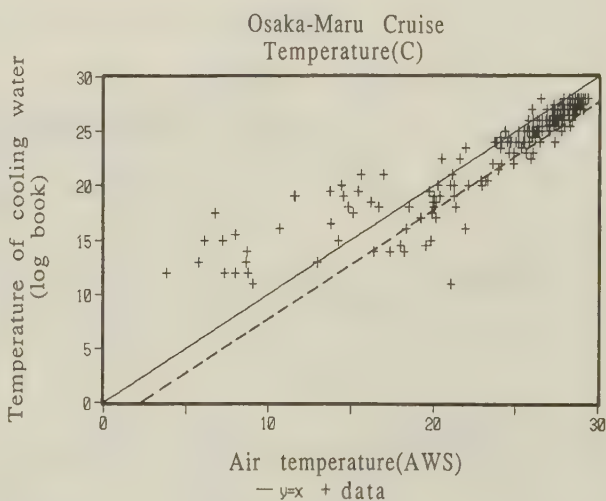


Fig.10

Comparison of air temperature(AWS) with temperature of cooling water for engine (log book). The solid line is the relation $y=x$. The broken line shows the newly relation $y=x$ when water temperature added to 2°C correction value. AWS data are hourly average, those of log book are every 4 hour interval. Data are selected when the ship was navigated above 10 knot.

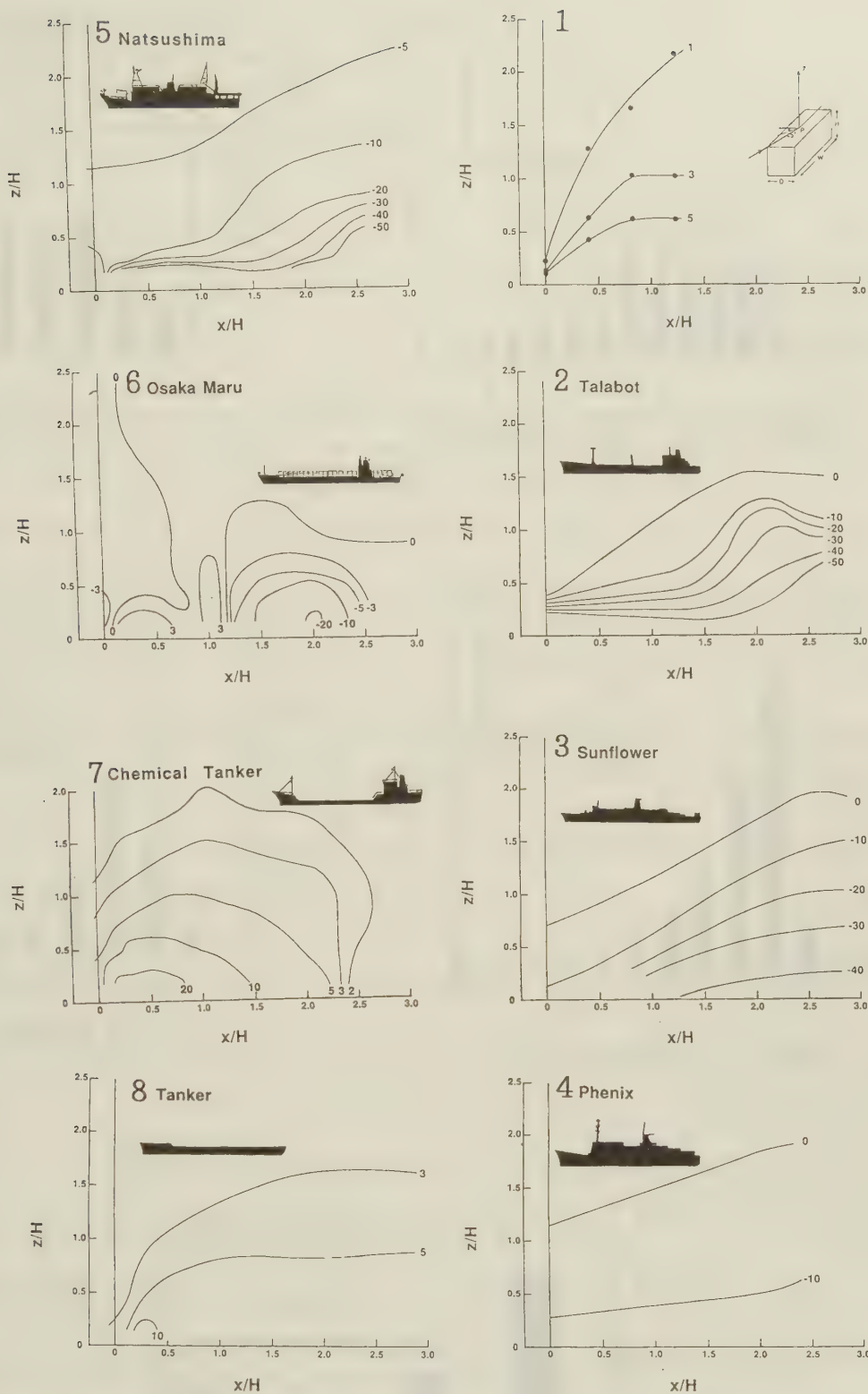


Fig.11 Results of wind tunnel experiments. Wind direction is head wind case. The solid line is the contour of deformation ratio(De). De is defined as follows; $De = (u/U - 1) \times 100$, where u : local wind speed with a ship body, U : local wind speed without a ship body. Origin of each figure is the position of a bow, x -axis is taken parallel to the ship direction, z -axis vertical direction. Each axis is normalized by H which is the height from the water level to the forecastle deck.

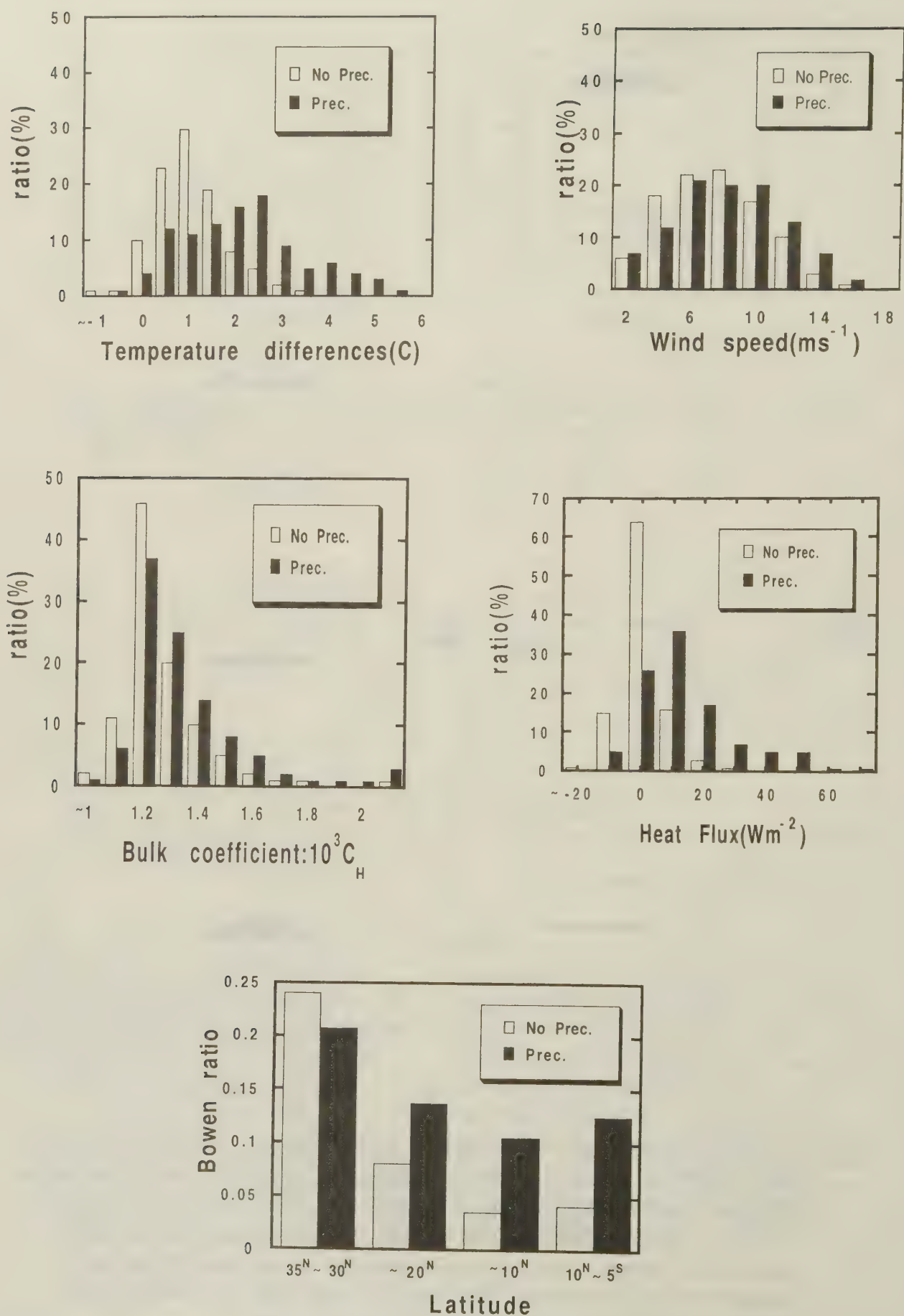


Fig.12 Influence of disturbances with precipitation on meteorological elements.

1. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長期変動に関する観測・解析研究

Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

2. 大気・陸面に関する観測研究

Observation on Regional Surface Heat Budget

郵政省通信総合研究所

中村健治・増田悦久

Communications Research Laboratory,

Ministry of Posts and Telecommunications

Kenji Nakamura and Yoshihisa Masuda

(Abstract) A wind profiler for lower atmosphere wind observation was developed. The frequency of the wind profiler is 1,357.5 MHz and the peak power is 1 kW. The pulse length is variable as 0.5, 1.0, and 2.0 μsec . to give the system observational flexibility. That is, when the backscattering echo is very weak or long observation range is required, a pulse length of 2.0 μsec . will be used, and when good range resolution is required, the shortest pulse length of 0.5 μsec . will be used. The maximum coherent integration number is 128 to give high sensitivity. During the test observation, the performance of the wind profiler was confirmed. Even when it is raining, the horizontal wind field seems to be measured as well as under no rain condition, while the apparent vertical wind velocity is large when it is raining.

As a preparation for the wind observation at Okinawa Island, radiowave environmental condition was measured. It is found that the radiowave interference due to airport radars is intolerable in the 1,357 MHz band. It is also found that there is a quiet band around 1,320-1,330 MHz band. Thus, the radiowave frequency of the wind profiler is proposed to be changed to 1,327.5 MHz to avoid the interference. This change will be authorized in spring, 1992.

1. 研究目的

海陸相互作用の解明のためには、大気の基本量である気流、気温の詳細な観測が必要である。従来の観測方法はラジオゾンデであるが、ラジオゾンデでは連続観測はできず、気流構造の詳細観測には不向きである。また、ゾンデは風に流されるため、ある一点の風の鉛直プロファイル測定しているわけではないので、測定データの解釈に注意が必要である。その一方、ウィンドプロファイラは大気中の乱流を追うこのにより風を測定する装置であり、ゾンデの持つ上記の欠点は持たない。このような装置としては同じように電波を利用したドップラ降雨レーダがあるが、ドップラ降雨レーダは降水粒子からのレーダ散乱波を受信するので、観測域が降雨域内のみに限られる。一方、ウィンドプロファイラは観測域は降雨域には限られない。しかし、ウィンドプロファイラの観測域はウィンドプロファイラの上空に限られ、平面的な観測には向いていない。

このような、ウィンドプロファイラの特長を生かし、(1) 高度3 kmまでの風の連続観測を行ない、大気境界層と自由大気との係わりを研究する、(2) ドップラ降雨レーダとの共同同時観測を通じ、特に積雲周囲の下層大気の気流観測を行ない、積雲対流・降水活動の研究を行なう。

2. 研究方法

完成したウィンドプロファイラによる連続観測を8月に東京都小金井市の通信総合研究所構内において行ない、システムの評価を行なった。また、沖縄本島への設置に先立ち、設置位置周辺における電波環境調査を行なった。電磁環境調査は現地にはアンテナ及びスペクトルアナライザを用い、パソコンで制御、記録することにより昼夜を問わない連続観

測を行なった。

3. 研究結果

3. 1 ウィンドプロファイラによる風の初期観測結果

通信総合研究所構内において、1991年7月15日から晴天時から降雨時へと変化する気象条件において連続観測したデータを取得した。スペクトル強度分布とその一次モーメントを、スペクトルピーク値として求めた風向風速の高度分布の結果を図1から3に示す。観測緒元は表1に示す。図1は、7月16日の晴天時における1時0分0秒～1時2分27秒の時間にアンテナビーム3方位で観測したスペクトル高度分布（A、B、C）を示す。横軸は視線方向のドップラ速度を示しており、負はレーダから遠ざかり、正はレーダに近づくことを示している。鉛直方向の散乱波スペクトル（A）のピーク値は、高度1.8 km以下で右に偏移しながら遠ざかる成分が観測されている。一方、東へ10度傾けた場合のスペクトル（B）では高度1.8 km以上で左に偏移しながら遠ざかる成分が観測されている。南へ天頂角10度傾斜したアンテナからのスペクトル（C）のピークは全高度にわたり右にわずかに偏移しており、レーダから算出した風ベクトルの水平成分は、下部高度で南風があり高度が高くなるに連れて西南西の風になっていることを示している。

図2は、7月15日23時45分から7月16日朝3時15分まで、15分間隔で15回観測した水平風向風速高度分布を示す。図1のスペクトルから算出した風ベクトルは図2の左から6番目に対応する。

図3は、図2の風向風速高度分布算出に用いた鉛直方向のスペクトル強度の最大値の高度分布を等値線図で示している。この図では散乱波強度の最大値51 dB、最小値17 dBの範囲を5 dB間隔で表している。2時30分以前の35 dB以下と散乱強度が弱い領域が晴天乱流による散乱であり、それ以後の35 dB以上の領域は雨滴や氷晶からの散乱によるものと考えられる。

図4は、7月17日の降雨時における3時15分00秒～3時17分26秒の時間に鉛直アンテナビームで観測したスペクトル高度分布である。このスペクトル高度分布はおおよそ、3つの部分に分けられる。つまり、高度4.5 kmと4.8 kmでの氷晶と思われる落下のスペクトル分布を持った領域、4.2 kmでの氷晶が融け雨滴になり始めたと思われる分布の領域、そして高度3.9 km以下の雨滴からの散乱による領域である。高度1.5 km以下では雨滴からの散乱に加えて、速度0付近に見られる乱流からと考えられる弱い散乱も見られる。

図2、3から分かるように、晴天時には晴天乱流を、降雨時には降水粒子をターゲットとして水平風向風速分布の観測が可能である。一方、図4からは降雨時には降水粒子からの散乱は乱流からの散乱よりもはるかに強く、通常は乱流からの散乱を降水粒子からの散乱から分離することは困難である。このため、降雨時には、上昇下降流の測定は、乱流散乱を利用した直接法は適用できず、降水粒子の落下速度スペクトルからの間接的な方法とならざるをえない。

3. 2 沖縄における電磁環境調査

電磁環境調査は当所沖縄電波観測所の周辺においてアンテナを高さ約2 mにおき、平成3年10月からほぼ一月にわたって行なった。図5には1950 MHz付近のデータ例を示す。もともとのウィンドプロファイラの周波数1957.5 MHz付近にはには他のレーダ等からの電波があることが分かる。この電波は沖縄県内の飛行場のレーダからと思われる。この結果、1357.5 MHzでは観測が不能であり、また電波免許も不可能と判断された。図6には10月31日の一日分の1300 MHzから1350 MHzにかけての電磁環境を示す。1319 MHz付近と1345 MHz付近に連続したピークが現われている。この調査から1320～1330 MHzの周波数に変更することが適当との結

論を得、郵政省電気通信局へ申請したところ、1327.5MHzで許可される見通しとなった。

4. 考察

低層ウィンドプロファイラによる観測を晴天時及び雨天時において実施した。その結果、距離分解能300mで設計観測可能高度3kmを越えて乱流エコーが観測された。また、降雨時でも水平風向風速は、降水粒子をターゲットとすることによって測定可能であることが実証された。また、沖縄の設置予定場所での電磁環境調査から適当な周波数変更を行えば、観測可能であることが分かった。これらの実証観測実験により沖縄観測のための準備はほぼできたと考えられる。

5. 参考文献

特に無し。

6. 成果の発表

②学協会誌以外の誌上発表

1) 国内誌

発表者	発表題名	発表年月	表機関	掲載刊行物
増田悦久 井原俊夫 中村健治 岡本謙一 大西 勉	低層大気観測用レーダの 開発と初期観測結果	4年1月	通信総合研究所	季報

③口頭発表

発表者	発表題名	発表年月	発表学会
増田悦久、中村健治 井原俊夫、岡本謙一	低層大気観測用レーダの 開発と初期結果	3年10月2日	第17回 リモートセン シングシンポ ジウム
中村健治、増田悦久 井原俊夫、岡本謙一	低層大気観測用レーダの 開発 -その2-	3年10月25日	気象学会秋季 大会
Kenji Nakamura Yoshihisa Masuda	Development of a lower troposphere wind profiler at Communications Research Laboratory	4年3月25日	Int. Symp. on Middle Atmosphere

7. 関係国との協力

特に無し。

表1 観測諸元

Table 1 Observation parameters

観測間隔	15分
観測開始高度	600 m
距離分解能	300 m
水平風速分解能	約 1.0 m/s
周波数	1357.5 MHz
ピーク電力	1.03 kW
最大平均電力	41.2 W
パルス幅	2 μ sec
パルス繰り返し周期	50 μ sec
コヒーレント回数	100
FFT 点数	128
インコヒーレント回数	25
ビーム走査方向 (天頂角, 方位角)	(0°, 0°) (10°, 90°) (10°, 180°)

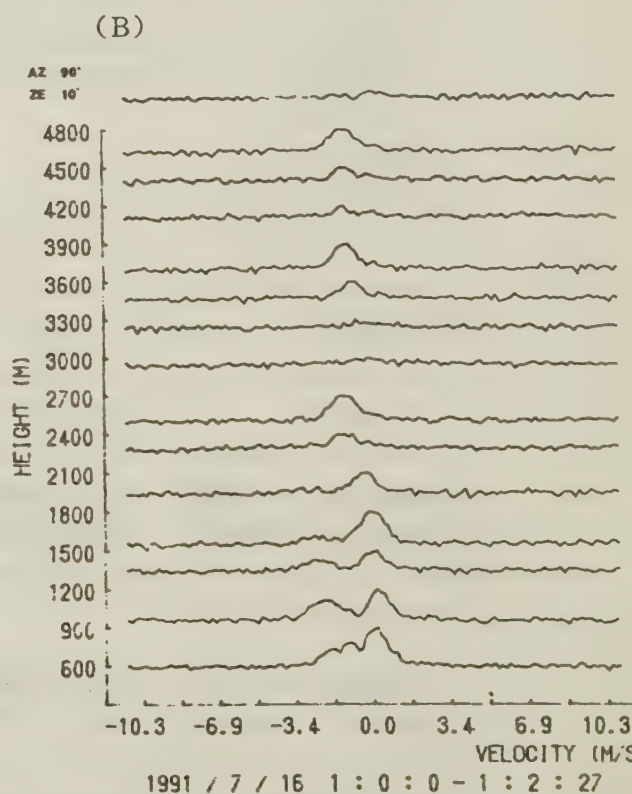
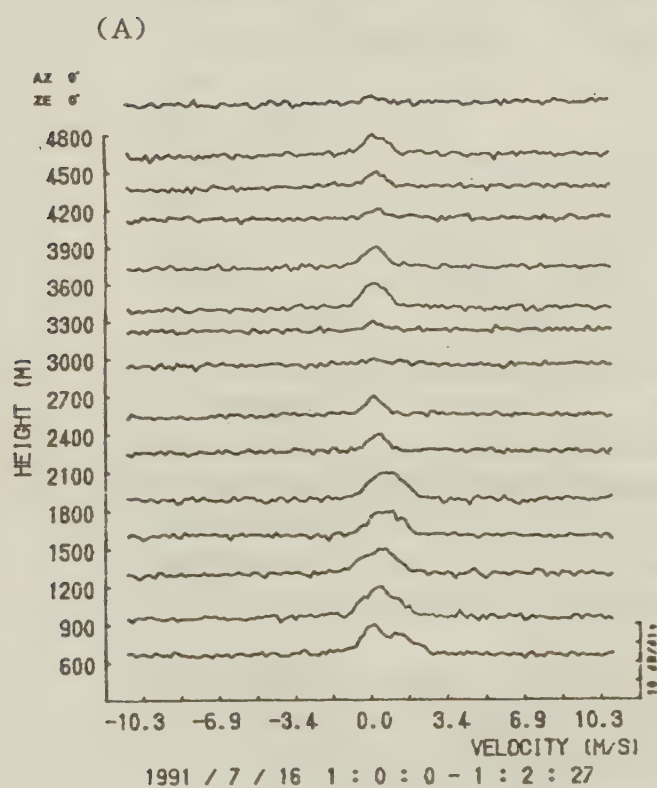


図1 ドップラスペクトルの例 A : 鉛直方向、B : 東方向、仰角80度、

Fig. 1 Examples of Doppler Spectra A: vertical, B: East with an elevation angle of 80 degrees.

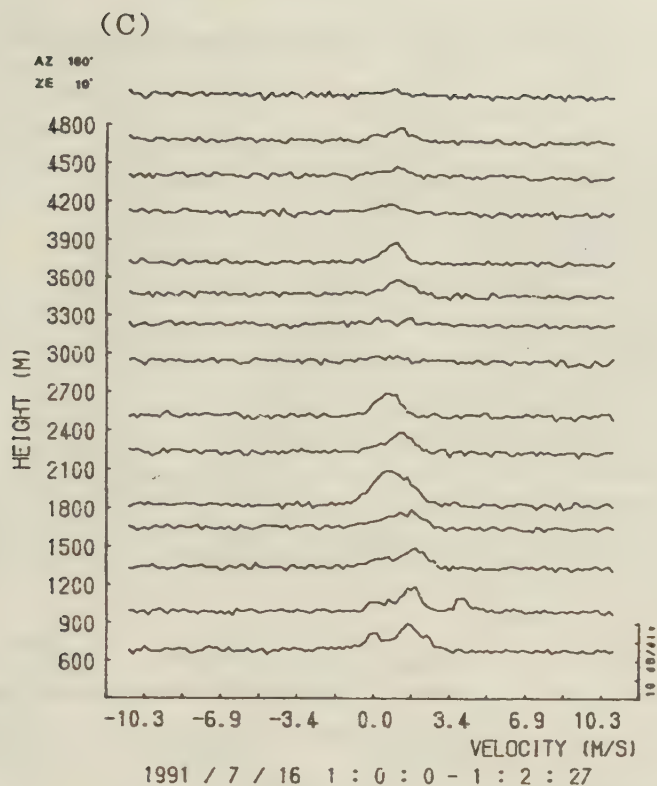


図1 (続) C : 南方向

Fig. 1 (Continued) C: South.

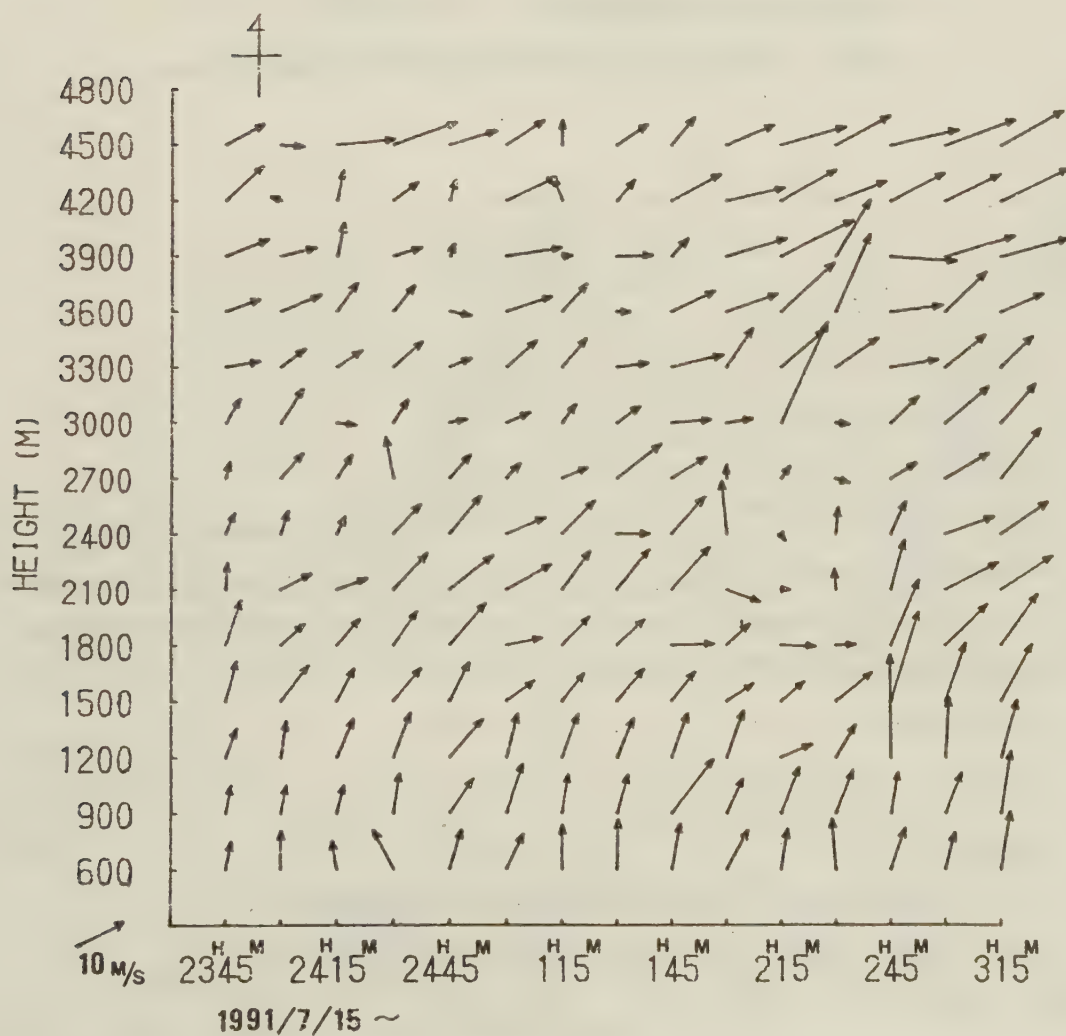


図2 算出された風向風速の高度分布

Fig. 2 Height time cross section of the wind vectors

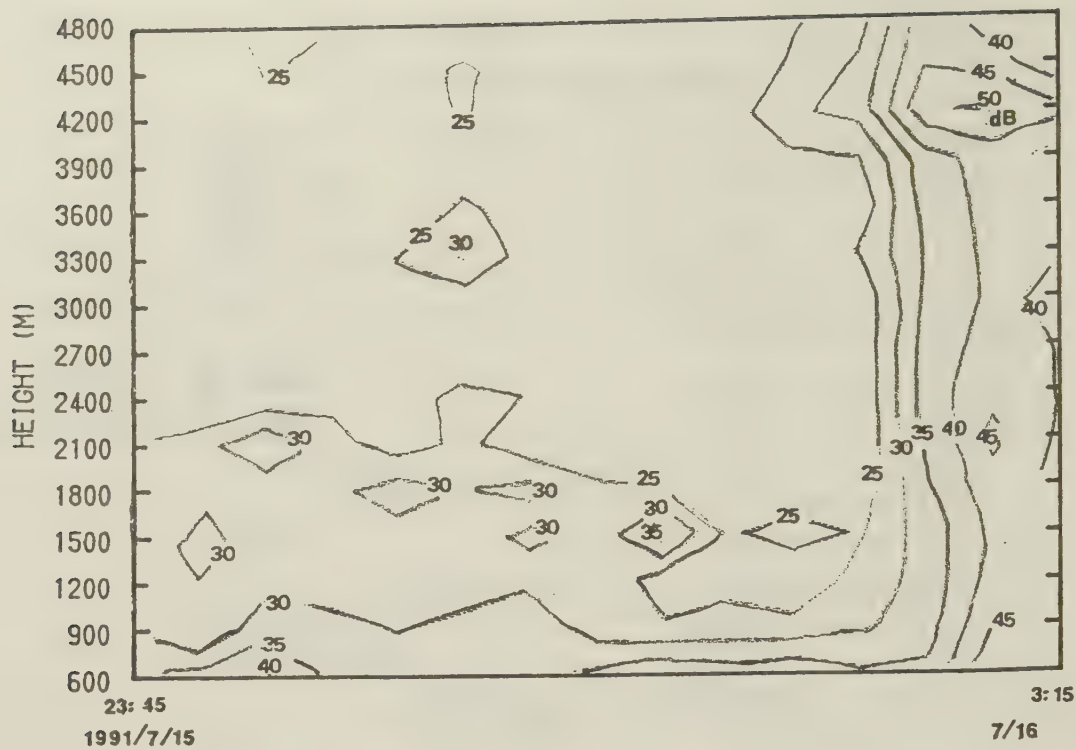


図3 散乱強度の高度分布

Fig. 3 Height time cross section of the received power

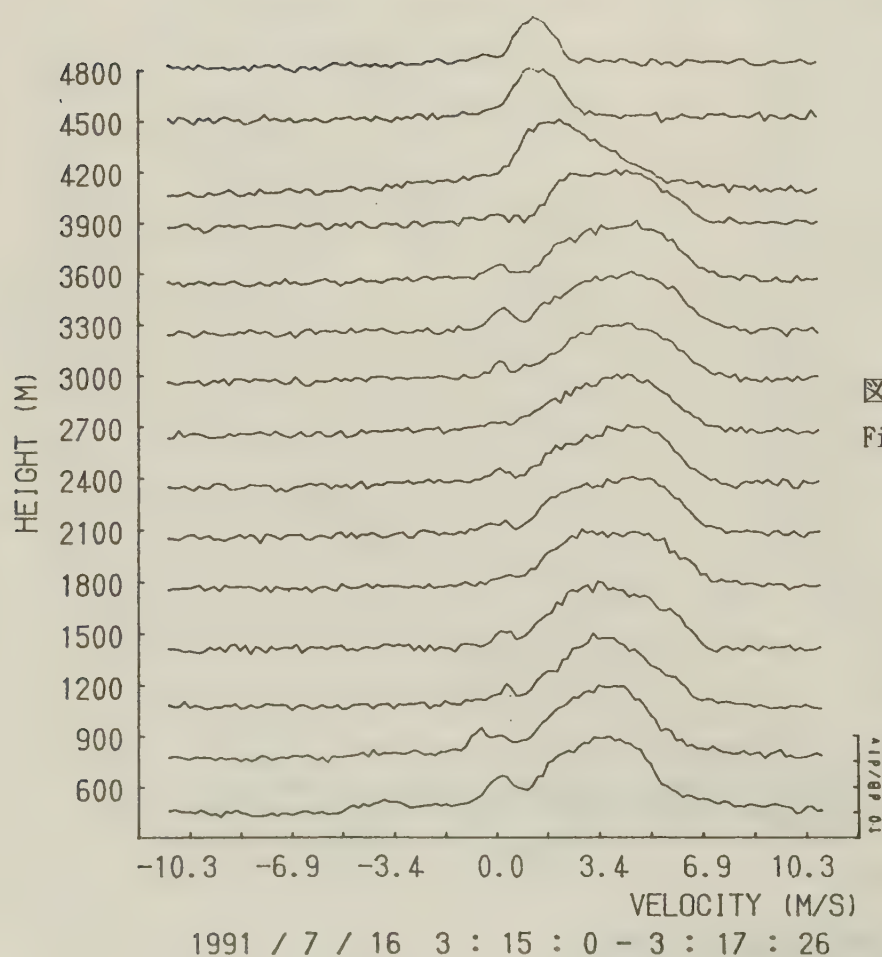


図4 降雨時のドップラスペクトルの例

Fig. 4 Example of the Doppler spectra when it is raining.

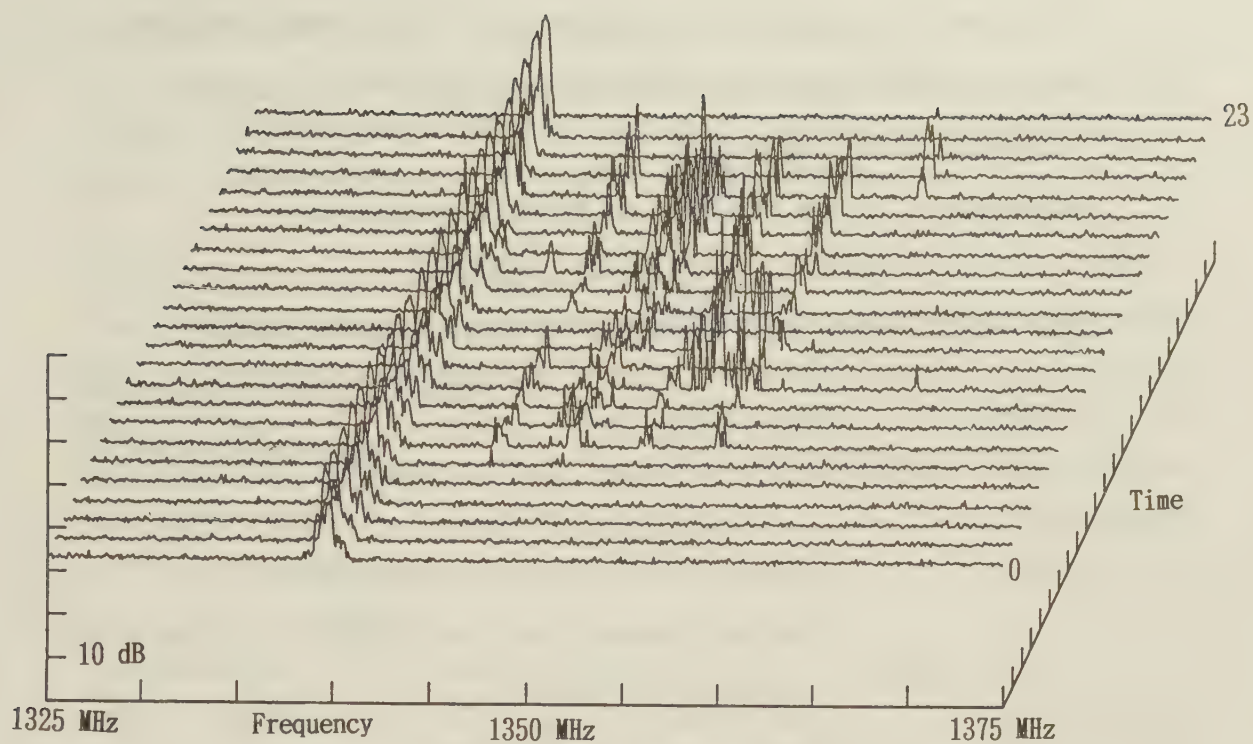


図5 沖縄観測所における電磁環境観測の例 (1325-1375MHz)

Fig. 5 Radiowave environment at Okinawa Radio Observatory

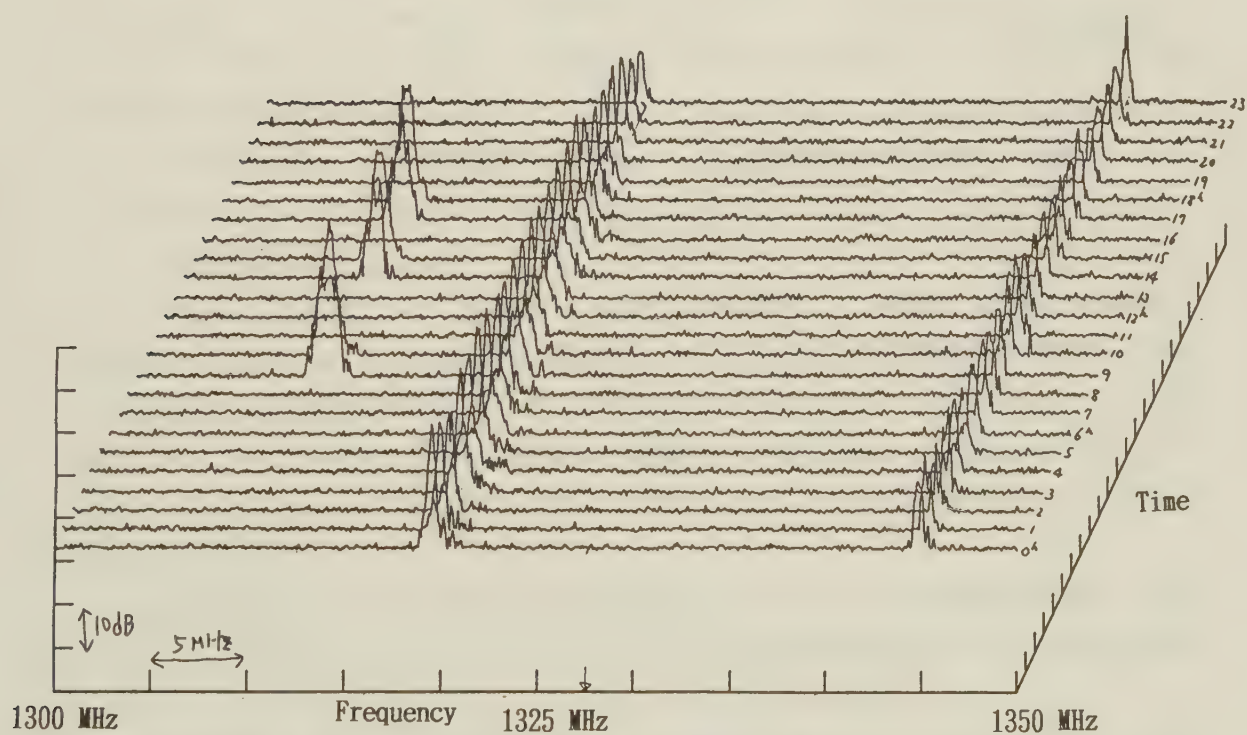


図6 沖縄観測所における電磁環境観測の例 (1300-1350MHz)

Fig. 6 Radiowave environment at Okinawa Radio Observatory

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動して関する観測・解析的研究

Study on Air-Ser-Land-Interaction and their Long Term Variations

(2) 大気・陸面に関する観測的研究

Observational Studyon Air-Sea-Land-Svrface Inteeractions

①チベット・ヒマラヤにおける水文変動に関する観測研究

Observation on Hydrologic Variations in Tibet-Himalaya Area

科学技術庁 防災科学技術研究所

新庄雪氷防災研究支所

木 村 忠 志

Shinjo Branch of Snow and Ice Studies,

National Research Institute for Earth Science and

Disaster Prevention,

Science and Technology Agency

T. Kimura

(ABSTRACT)

1. 研究目的

チベット・ヒマラヤ高原地域において、積雪重量、地面温度、凍結深の3要素の長期間自動観測を、3地点の観測点において実施し、得られた観測資料により、雪氷が関与する同地域の水文変動を解明し、モンスーン変動との相関を研究する。

2. 研究方法

本研究の現地観測は、上記した3要素を測定内容とする積雪重量・凍結深自動測定記録装置によって実施する。本装置はメタルウェファース式積雪重量計（木村、1983）、凍結深計（木村他、1991）およびシース型白金抵抗線温度計による地面温度計をセンサーとし、積雪重量と地面温度は毎正時に、凍結深は2時間おきの正時に、それぞれ測定を行い、測定値を内蔵のデーターロガーに記録するようにした。データーロガーの記録内容は、1年毎に設置現場に出向いて、LT型パーソナル・コンピュータにより読み出し、フロッピーディスクに収納する。

本装置の電源は、ER6(AA)型・塩化チオニールリチウム電池($3.6V \times 2Ah$)を使用し、積雪重量計に $\pm 10.8V \cdot 6Ah$ 、凍結深計に $18V \cdot 2Ah$ 、データーロガーに $7.2V \cdot 16Ah$ を使用した。これらの電池の容量は、放電率50%として、一年分の必要量を見込んだ。

データーロガーは毎正時の1分前に積雪重量計に起動信号を出して、プレヒートを行う。また、毎正時の3秒前に凍結深計の起動信号をデーターロガーから発生させ、これをフリップ・フロップ回路に通して供給し、2時間おきに凍結深計を作動させるようにした。積雪重量と地面温度の計測値は正時にデーターロガーに取り込み、取り込み終了と同時にセンサーへの電源を断って、消費電力を抑えた。一方、凍結深計の測定値は、1MビットのEPROMに記入して、専用の読み取り装置とLT型パーソナル・コンピュータによって、データ回収を行うようにした。

EPROMへの観測データの記入は1.5秒でなされるが、この期間、凍結深計の消費電流は50mAとなり、リチウム電池の内部抵抗（合計100 Ω ）による電圧降下のため、作動不能となる。これをさけるために、0.47Fの電気2重層コンデンサーを18Vのリチウム電池によりトリックル充電して、1.5秒間の作動時に、内部抵抗ゼロの放電を維持するようにした。EPROMへの記入終了と同時に、他のセンサーと同じく、凍結深計の電源も断たれるようにした。

本装置の電子部品には、 $-40^{\circ}C$ まで作動が保証されているものを基本的に使用し、保証が判然としない部品については、ドライアイスを入れた断熱低温槽により低温動作を確認した。

図1に凍結深計の検出部の構造を示す。この検出部を深さ2mに埋設する。封入した脱気水が凍結線以上で凍結し、共通電極と凍結範囲内の各検出電極間の電気抵抗が数M Ω 以上となる場合をOFF状態として、検出電極を上から下に順次切りかえる走査を、各測定時に1回実行し、1回の走査毎に、各電極のON、OFF状態をEPROMに記録する。シリコンラバー管は、封入した脱気水の凍結にともなう体積増を吸収するために使用した。

検出電極と共通電極は、イオンの溶出や錆の発生がないところから、カーボンの微粒子をまぜて導電性をもたせたポリエステル樹脂で作成した。

本装置は、チベット高原のラッサ付近に3か所、設置を予定している。

3. 研究成果

平成3年度は本研究の初年度であるが、上述した積雪重量・凍結深自動測定記録装置3台を製作し、同装置用に製作した輸送用収納箱3組に、それぞれ付属品と共に収納して、随時発送可能な状態にまとめることができた。計測要素の主な仕様は次のとおりである。

積雪重量計

測定範囲：0～2000kg/m²

精 度：±10kg/m²

外形寸法：900mm×1600mm×12mm×4枚

消費電力：±10.8V×6Ah/年

凍結深計

測定範囲：0～-2m

測定精度：±2cm

外形寸法：直径32mm±長さ2400mm

消費電力：18V×2Ah/年

地面温度計

測定範囲：±50℃

精 度：±0.3℃

外形寸法：外径6mm×長さ150mm（シース部分）

電 源：データーロガーより給電

4. 考察

今回製作した積雪重量・凍結深自動測定記録装置の構成要素は、いずれも国内の雪氷計測において実用されており、また「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」のなかで、昨年度よりタクラマカン砂漠南部で稼働中であり、確実な動作が期待できる。

5. 引用文献

木村忠志1983：Metal Waferによる積雪相当水量の観測。

国立防災科学技術センター研究報告，31, 203-217

木村忠志・丸山敏介・石丸民之永・木村浩之 1991：

崑崙山洞列克に設置するDCP。

平成3年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集，309.

6. 成果の発表

なし

7. 関係機関との協力

①国内

本研究で使用する観測装置は、気象研究所が「広域エネルギー収支に関する観測研究」において、チベット高原に設置する4地点の気象測器設置場所のうち、3地点に併設を予定している。このため、気象研究所の担当者と、必要に応じて情報交換を行っている。

②国外

本研究の中国側担当者となる中国国家気象局気象科学研究院との具体的な研究体勢を確立すべく、平成3年10月「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」遂行のため中国を訪問した機会を利用して、上記気象科学研究院の担当者と面会し、当方の装置の内容と設置計画等について説明したが、「共同研究の実施取り決めが調印されないかぎり、具体的な研究活動は出来ない」というのが先方の見解であり、実施取り決めのすみやかな締結が望まれた。

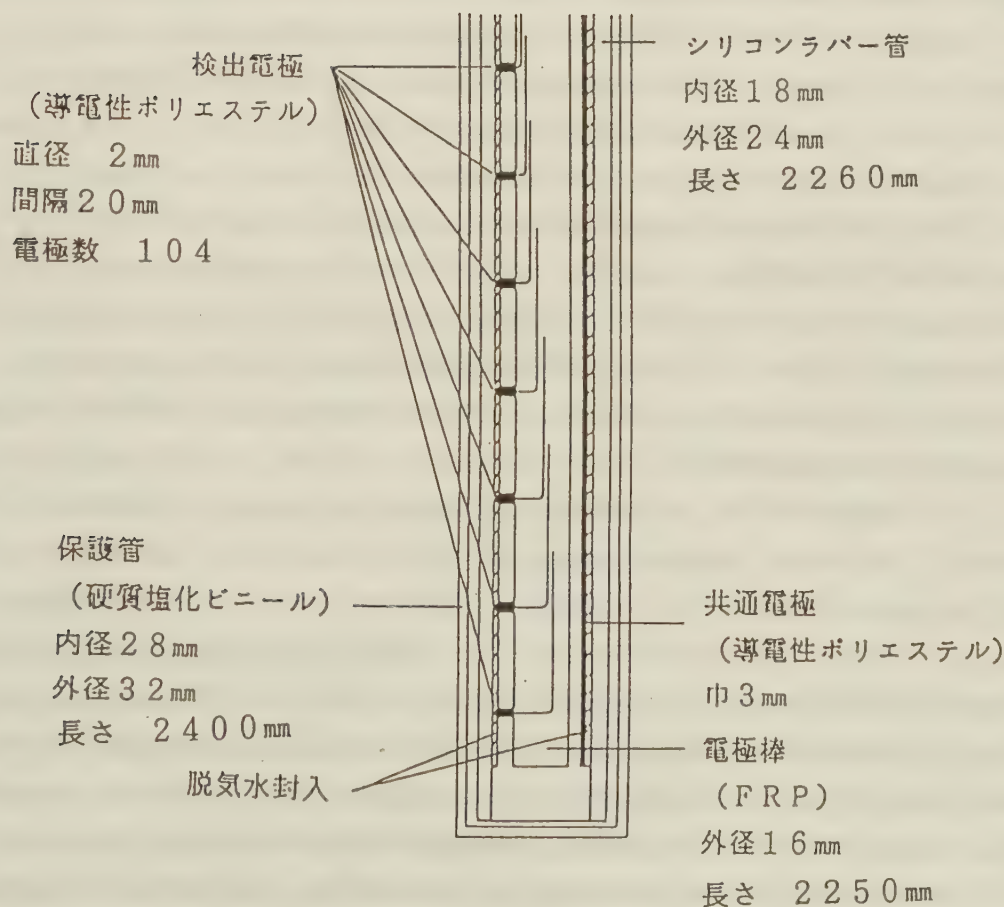


図1 凍結深度計検出部の構造

1. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析的研究
Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations
2. 大気・陸面に関する観測的研究
Observational Study on Air-Sea-Land Surface Interactions
- (3) 大規模雲域内における対流雲構造に関する研究
Observation on Convective Cloud in Cloud Clusters

気象庁気象研究所

榑原 均、田畑 明、岡村博文、赤枝健治、
森 一正、島津好男、吉崎正憲

Meteorological Research Institute,
Japan Meteorological Agency

H. Sakakibara, A. Tabata, H. Okamura, K. Akaeda,
K. Mori, Y. Shimazu, M. Yoshizaki

(Abstract)

In order to study three-dimensional structures of convective cloud in cloud clusters, Doppler radar and rawinsonde observations were made. Convective cloud in cloud clusters plays an important role in the heat and water budget of the atmosphere-ocean interaction, because the heat and water in the atmospheric boundary layer supplied from the ocean are transported upward to the free atmosphere by convective cloud.

The 3-cm Doppler radar and the rawinsonde system of M.R.I. were installed at Miyakojima island (25 N, 125 E) and observations were made from 8 August to 4 October 1991. During this period, cloud clusters of two typhoons (Typhoon 9110 and 9119) and a tropical depression were observed. Structure of convective clouds in Typhoon 9110 and the tropical depression were analyzed.

In Typhoon 9110, an outer rainband and an eyewall cloud were observed. The outer rainband contained active convection on the forward side (the outer side of the typhoon). Near the center of the rainband strong divergence occurred below the 1km level. The air flowing outward and the low-level environmental air converged near the forward edge of the rainband. There was a inward slanting area with slow-moving air on the forward edge of the rainband. This area suggests that there was an updraft. Strong convective echoes exceeding 40dBZ were observed below the area.

The eyewall cloud contained an outward slanting area with outward moving air on the inner edge of the eyewall cloud. Strong convective

echoes exceeding 40dBZ existed below the slanting area. This structure was similar to those observed in eyewall clouds in Typhoon 9015.

A cloud cluster associated with the tropical depression consisted of convective areas in the forward portion and stratiform areas in the rear portion. Convective areas were organized into two rainbands. The outer rainband was convective on the outer side and rather stratiform on the inner side. There was an low-level inflow at the outer edge and there was another inflow from the rear (inner) side at middle levels. This structure was similar to the one observed in an outer rainband in Typhoon 9017.

1. 研究目的

暖かい海洋上に発生、発達する大規模雲域（水平規模～数百km：クラウドクラスタ）は海面から大気へ供給された熱と水蒸気を上方に輸送する。この熱・水蒸気の輸送過程で水蒸気は凝結し、凝結した水の一部が降雨として海面に落ちることによって大規模雲域は正味に加熱される。この加熱は大規模雲域自体のエネルギー源であり、さらにはモンスーンや大気大循環を引き起こすエネルギー源でもある。本研究では大規模雲域内の対流雲の構造、対流雲と大規模雲域との相互作用を調べることにより熱・水・運動量の輸送過程及び降水過程の詳細を明かにし、アジアモンスーンの機構の解明に寄与することを目的とする。

2. 研究方法

1991年8月8日から10月4日まで沖縄県宮古島でドップラーレーダーとゾンデにより2個の台風（9110号と9119号）と1個の弱い熱帯低気圧にともなう大規模雲域を3次的に観測した（図1）。これらのうち、台風9110号と弱い熱帯低気圧にともなう大規模雲域の観測データを用いて対流雲内部及び周囲の気流、気温、湿度、雨滴分布等を調べた。さらに静止気象衛星、一般気象レーダー、一般高層観測を加えて、観測された対流雲が大規模雲域に相対的にどの位置にあり、どのような環境で発達したものであるかを調べた。

3. 研究成果

（1）台風9110号内の対流雲

小型の台風9110号は8月14日以降、北緯35度付近の高圧帯の南をやや南下しながら西に進み、17日3時頃宮古島の北、約30kmを通過した。この時、台風はゆっくりとした衰弱過程にあった。静止気象衛星で見ると中心付近には直径約400kmの $T_{bb} < -50^{\circ}\text{C}$ の低温域が存在した。

この台風では眼の壁雲、対流性の強い外側降雨帯および層状性降水域を伴う内側降雨帯が観測された。8月16日20時頃から17日12時頃までこれらの台風降

雨帯が宮古島にかかった。宮古島地方気象台のレーダー観測によると宮古島付近を通過するときの台風降雨域の直径は $T_{BB} < -50^{\circ}\text{C}$ の低温域よりやや狭く、約300 kmであった。

8月17日00時に台風の南-北西の最も外側に顕著な降雨帯が発達した(図2)。降水強度4 mm/hに相当するエコーが幅200 km、長さ200 kmに達している。この降雨帯はその進行方向前面(南西-西)に対流性の強いエコーがある。後方にはやや弱いエコーが広がるが、これは層状性のエコーではない。垂直断面図(図3)に見られるように、ブライトバンドは存在せず、弱い対流性エコーが集合している。また降雨帯の中心部($x = 15\text{ km}$)で高度1 km以下に強い発散がある。降雨帯の前面に向かう流れは前方の空気との間で顕著な収束を作っている($x = 28\text{ km}$)。その上方には傾き約1/2の弱風域がみられる。これは降雨帯全体の動きを考慮すると前面からの流入であり、上昇流に対応すると考えられる。40 dBZ以上の強いエコーはこの下にある。この降雨帯では中層後方(北東-東)からの強い流入は観測されていない。また前面で発生する弱いエコーが4-6 kmと高いところに現れている。この上昇流の位置、傾きは前年度宮古島で観測された台風9017号の最も外側で観測された降雨帯の初期の状態に似ている。

台風中心が宮古島の北を通過した後、再びやや強い降雨帯が観測された(図4)。この降雨帯と台風中心との間にはごく弱く、低いエコーしか存在していないので、この降雨帯は眼の壁雲と考えられる。宮古島付近は特に活発で、エコー頂は15 kmを越えている。垂直断面(図5)では台風中心に向かう風と外側に向かって傾く流れが特徴的である。この構造は台風9015号(Ishihara et al., 1991)およびハリケーン(Jorgensen, 1984; Marks and Houze, 1987)で観測されている構造とよく似ている。ただし、ここで観測された中心に向かう流れは地表よりも中層で強いことが特徴的である。

(2) 弱い熱帯低気圧から広がる大規模雲域内の対流雲

9月15日、北緯19度、東経126度付近を西北西に進む弱い熱帯低気圧(翌日台風9120号になった)から北に広がる大規模雲域が宮古島を通過した。南西諸島は南の低圧部(弱い熱帯低気圧と北緯17度、東経138度付近のもう一つの弱い熱帯低気圧を含む)と北の高圧帯との間で、東ないし南東の風が卓越していた。

宮古島で観測された大規模雲域は弱い熱帯低気圧の北にあり北西に進んできたものである。既存の直径約200 kmくらいのクラウドクラスターから前方(北西側)に約50 km離れて弧状に対流が発達した。進行方向前面に当たる北西側で T_{BB} の傾度が大きい。その後、弧状対流は次第に幅が広くなり、新たなクラウドクラスターとなった(図6)。一方、元のクラウドクラスターはその大きさをほぼそのままに保った。両者の間隔は次第に大きくなった。

合成レーダーエコー図によると弧状対流から発達したクラウドクラスターは280度の方向に $\sim 30\text{ km/h}$ で移動し、15時頃にはその前方に存在していた帯状の対流性エコーと融合した。レーダーで観測された期間(6時-21時)を通し

て、クラスターの進行方向前面（北西部）に対流性降水域、後部（南東部）に層状性降水域が存在した。対流性降水域は12時頃、2本の線状対流域に組織化された（図7）。

先行する線状対流域にほぼ直交する垂直断面を観測した（図8）。幅は約60kmで先端に強い対流性エコー、後方に弱い層状性エコーがあり、そのあいだは非常に弱いエコーとなっている。ドップラー速度分布を見ると、対流性エコーの下部に収束が、上部に発散がある。地上付近で前方から流入した空気は対流域で上昇している。また中層には後方から対流域に達する流れがある。

ドップラーレーダーの北西約10kmにある宮古島地方気象台の地上観測では対流性降水域が到達する11時00分前は東北東の風8~9m/s、気温28.6~29.1℃だった。対流性降水域が到達すると風は南南東にかわり、風速は~5m/sに落ちた。気温は20分間で4.7℃下がって24.4℃となった。降雨も激しく11時10~20分の10分間に14mmの降雨があった。11~12時の1時間降水量は31.5mmであった。15時までに地上気温は28.3℃まで回復した（東北東~東の風、5~6m/s）。回復までに4時間を要した。システムが北西へ~8m/sで移動していることを考慮すると、暖気はシステムに相対的に~8m/sで前方から流入し、降雨に伴う寒気も~3m/sで後方に向かって流れていたことになる。寒気は対流性エコー域から後方に~120kmの範囲に広がっていたと考えられる。

これらのことから、この大規模雲域は熱帯のMesoscale Convective Systems (MCSs) と非常によく似ていたと考えられる。また、昨年宮古島で観測された台風9017号の外側降雨帯と比較すると台風または弱い熱帯低気圧の雲域のいちばん外側に存在するという位置、対流性および層状性エコーの配置、中層の後方からの流入などの特徴がよく似ていた。

4. 考察

前年度に引き続きアジアモンスーン域内の大規模雲域の観測を沖縄県宮古島で行った。今年度も観測された大規模雲域はすべて台風または弱い熱帯低気圧に伴うものであった。今年度観測した対流雲の構造をその台風（または弱い熱帯低気圧）中心との相対位置でまとめると、

①大規模雲域の最も外側では対流域を外側（進行方向前面）にもち、内側（後方）には層状域をもつ傾向がある。対流域の上昇流は内側に傾く。

②台風中心付近の眼の壁雲に相当する対流雲では外側に傾く上昇流がある。となる。しかし、まだ例数が少なく、どれくらい一般的に成り立つのかははっきりしない。今後は更に観測例を増やし、上記の対流雲構造の一般性を確かめる必要がある。

前年度、今年度とも8、9月に観測を行ったため、台風が主な観測対象となった。しかしながら沖縄地方では台風以外の大規模雲域が5、6月の梅雨期に観測される

ことが多い。台風域内の対流雲構造との比較を行うために、これら梅雨期の大規模雲域をドップラーレーダーとゾンデにより観測する必要がある。

また、前年度、今年度とも1台のドップラーレーダーで観測を行ったため、気流構造に関しては解析の対象を2次元性がよく成り立っていると考えられる場合に限らざるを得なかった。3次元的な対流雲の構造も調べるためには、今後2台のドップラーレーダーで観測を行う必要がある。

5. 引用文献

- 1) Jorgensen, D. P. ; J. Atmos. Sci., 41, 1287(1984)
- 2) Marks, F. D., Jr. and R. A. Houze, Jr. ; J. Atmos. Sci., 44, 1296(1987)
- 3) Ishihara, M., H. Sakakibara, A. Tabata, K. Akaeda and H. Okamura; Preprints 25th International Conference on Radar Meteorology, 702(1991)

6. 成果の発表

①口頭発表

発表項目	発表者	発表年月	発表機関	掲載刊行物
Doppler Radar Analysis of a Typhoon Eyewall	石原正仁 榑原 均 田畑 明 赤枝健治 岡村博文	1991. 6	アメリカ気象学会	Preprints of 25th International Conference on Radar Meteorology
The Structure of Typhoon Rainbands Observed by a Doppler Radar at Miyakojima Island	田畑 明	1991. 11	ESCAP/WMO	Abstracts of ESCAP/WMO Typhoon Committee Technical Conference on SPECTRUM
台風9015号のドップラーレーダー観測	石原正仁 榑原 均 田畑 明 赤枝健治 島津好男	1991. 5	日本気象学会	1991年春季大会予稿集

	岡村 博文			
ドップラーレーダーで観測された台風9020号の降雨帯の構造	田畑 明 石原正仁 榑原 均 岡村 博文 赤枝健治 島津好男	1991.5	日本気象学会	1991年春季大会予稿集

7. 関係国との協力
 特になし。

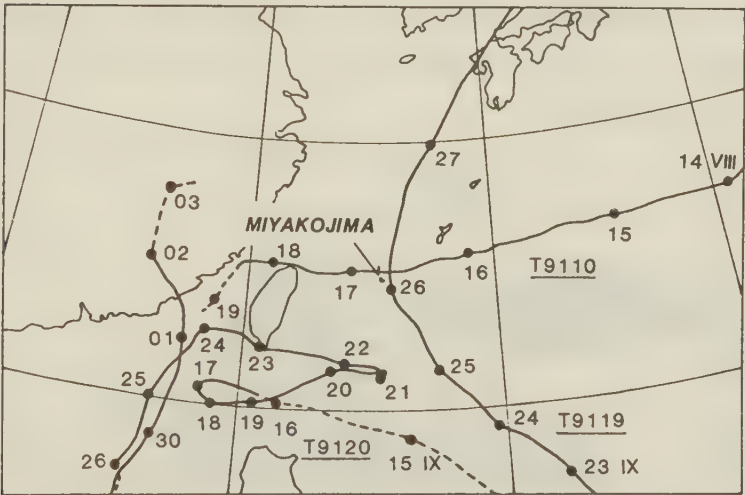


図1 台風9110、9119、9120号の経路
 Fig.1 Tracks of Typhoon 9110,9119 and 9120.

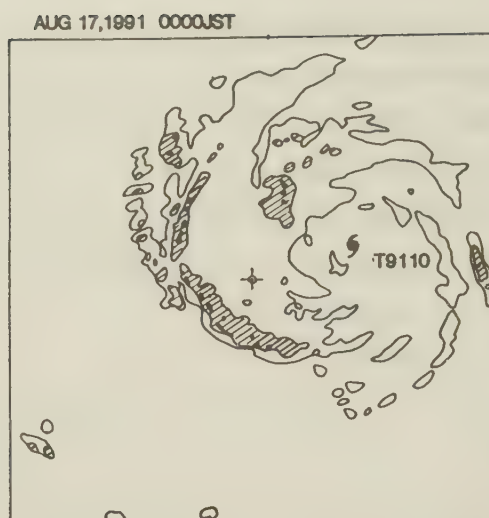


図 2 気象庁宮古島レーダーによる台風 9 1 1 0 号のエコー分布（8 月 1 7 日 0 時）。
3 2 d B Z 以上の領域に斜線で、4 2 d B Z 以上の領域に黒塗りで影がつけてある。

Fig.2 PPI maps of Miyakojima radar of JMA at 0000 JST 17 August. Areas with higher reflectivity than 32 and 42 dBZ are lightly and heavily shaded, respectively.

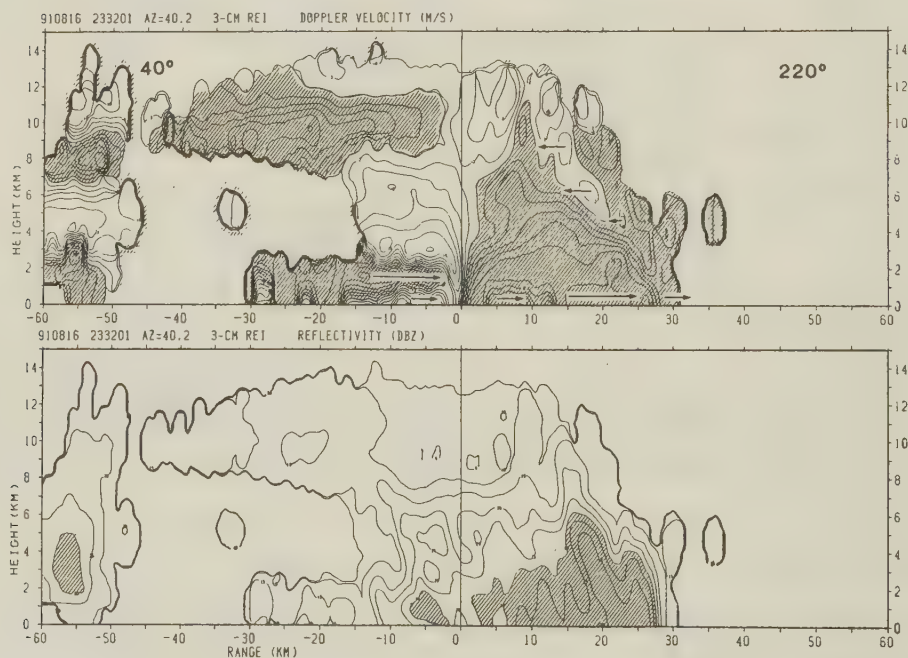


図 3 ドップラーレーダーによる 4 0 ° - 2 2 0 ° の垂直断面（8 月 1 6 日 2 3 時 3 2 分）。反射強度の等値線は 5 d B Z から 5 d B 間隔。3 0 d B Z 以上の領域に影をつけた。

Fig.3 Radial-height cross sections along the 40-220° azimuth of reflectivity and Doppler velocity.

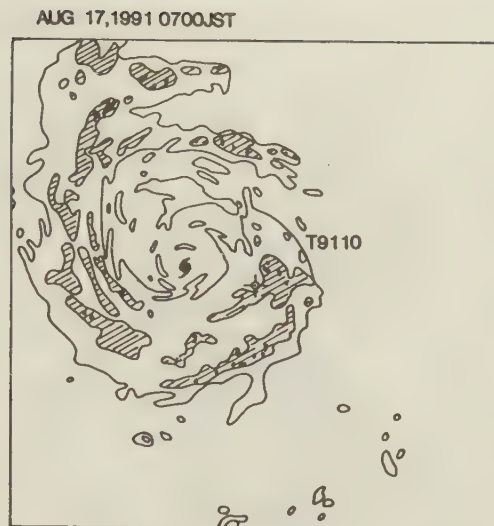


図4 図2と同様。ただし8月17日7時。

Fig.4 Same as Fig.2 except for 0700 JST 17 August.

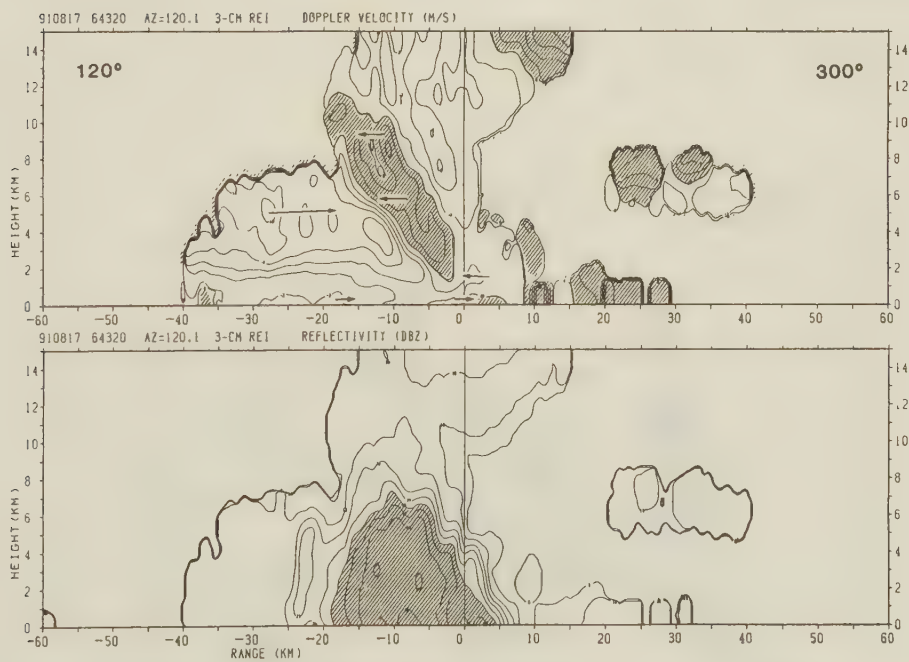


図5 図3と同様。ただし120° - 300° および8月17日6時43分。

Fig.5 Same as Fig.3 except for the 120-300° azimuth and 0643 JST 17 August.

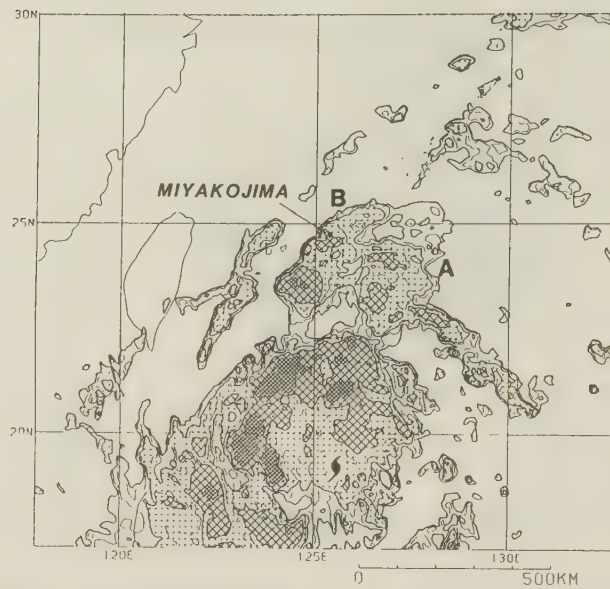


図6 静止気象衛星による雲頂温度 (T_{BB}) の分布 (9月15日11時30分)。
元のクラスタを「A」で、新しいクラスタを「B」で示した。

Fig.6 Map of equivalent black body temperature observed by GMS at 1130 JST 15 September. The old and new clusters are indicated by "A" and "B", respectively.

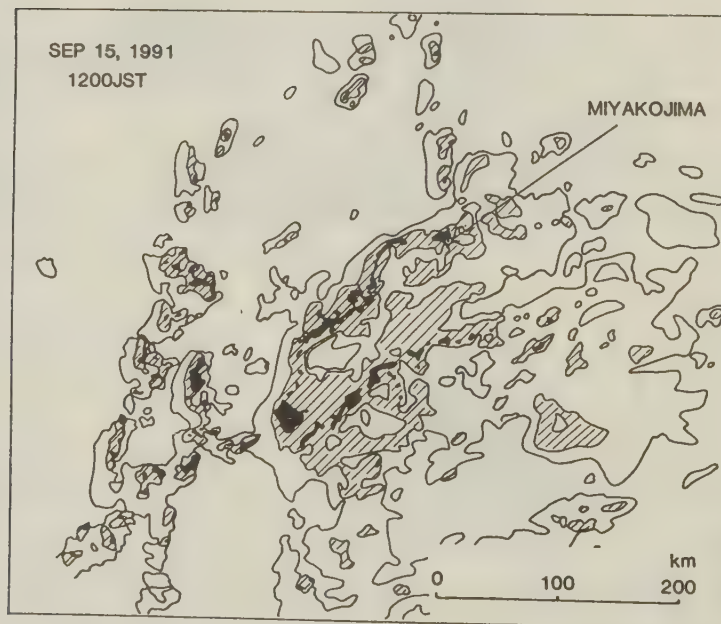


図7 図2と同様。ただし9月15日12時。

Fig.7 Same as Fig.2 except for 1200 JST 15 September.

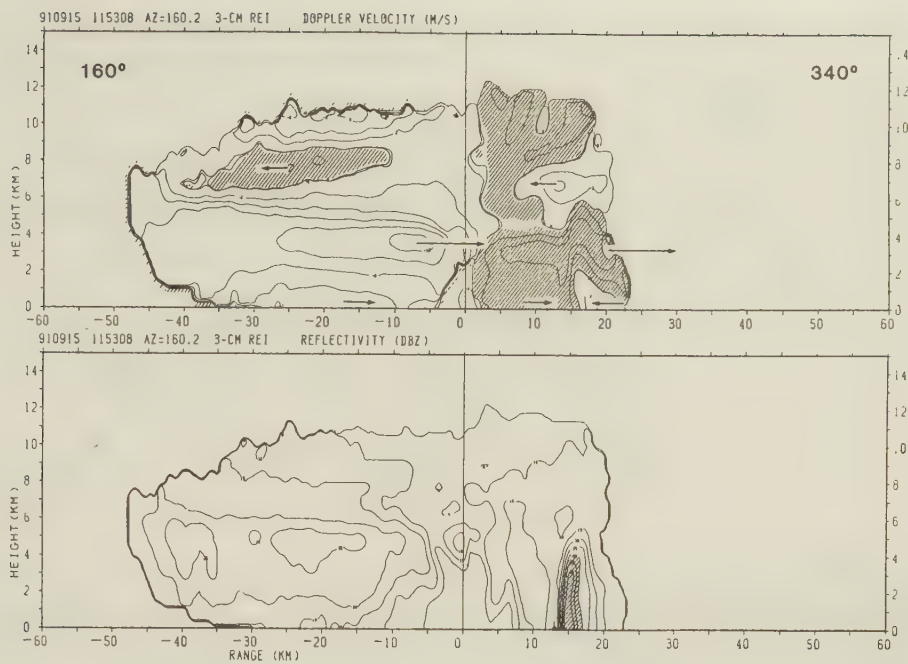


図 8 図 3 と同様。ただし $160^{\circ} - 340^{\circ}$ および 9 月 15 日 11 時 53 分。
 Fig.8 Same as Fig.3 except for the $160-340^{\circ}$ azimuth and 1153 JST 15 September.

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究
Study on Air-Sea-Land Interaction and their Long Term Variations

(3) 衛星データの解析研究

Analytical Study on Satellite Data

① モンスーン循環広域条件及び雪氷変動状況に関する解析研究

Analysis on Environmental Conditions and Snow-Ice Cover Changes Affecting
to Monsoon Cycle in Asia

科学技術庁防災科学技術研究所

矢崎 忍、中根 和郎、諸星 敏一、中尾 正義、
幾志 新吉

National Research Institute for Earth Science and
Disaster Prevention, Science and Technology Agency
S.Yazaki, K.Nakane, T.Morohosi, M.Nakao, S.Kishi

(Abstract) The mode of Asian monsoon activities is said storongly affected by environmental conditions of the area especially SST of Indian ocian and snow-ice cover over the continent. The purpose of this study is to make clear the relation between them mainly by analyzing satellite data.

Our method for the purpose is;

- (1) To make regional satellite image date base covering whole Asian area with NOAA/AVHRR data in a regular period(one in week).
- (2) To establish algorithms to detect various air,sea and land conditions with the satellite image data.
- (3) For special issues such as snow-ice cover in Tibetan-Himalayan area, sea ice in the Sea of Okhotsk or air water content over ocians, another adequate satellite data will be adopted for precise analysis.

This year's results are as following.

- (1) The formula to estimate SST using channel 4 and 5 brightness temperature of NOAA/AVHRR in terms of split window method is established. The coefficients are determined statistically using truth SST data observed at ocian buoystations.
- (2) An algorithm to make up monthly sea or land surface temperature image from 4 to 5 AVHRR images of the month is also developed. In the resultant monthly image clouds are mostly removed.
- (3) The relations between monthly mean of daily maximum air temperature observed at meteorological stations and brightness temperature of thermal channels of NOAA/AVHRR are studied. As a result a multiple regression formula to estimate the air temperature with AVHRR brightness temperatures are obtained. The analysis is carried out for 15 land points through south to east Asia and coeficients are determined for each point.
- (4) Himalayan Khumbu glacier is analyzed with Landsat-TM data of 1988 and thickness of the deberis was found classified into three grades. Compareing it with the result of field survey of the same glacier in 1978 its movement through that ten years are detected.

1. 研究目的

アジアモンスーンの変動はインド洋の海水温、ユーラシア大陸の積雪面積と深く関わっていることが指摘されており、またモンスーン活動によってもたらされる降水は災害、水資源、植性活性度に関係がある。本研究ではアジアモンスーン地域を対象として、モンスーン循環変動に関わる各種環境条件（海面水温、地表面温度、積雪、海水、植性指標、雲頂温度、大気水分量等）の分布状況を各種の地球観測衛星データを用いて検出し、時系列的なデータベースとして整備するとともに、それらを用いて環境条件とモンスーン循環変動との関係を明らかにする。

2. 研究方法

(1) アジアモンスーンの変動に大きく影響すると考えられるインド洋、西太平洋、ユーラシア大陸を含む東経 $30^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 、南緯 $20^{\circ} \sim$ 北緯 60° の範囲を解析対象領域として、この領域をカバーする1日分の衛星画像をモザイク合成した広域衛星画像を一定時間間隔（7日）毎に作成する。これを用いて各種環境条件を検出し、その季節変動、年変動を解析する。この目的のためには可視、近赤外、熱赤外バンドのセンサーを持ち、1日で当該領域をカバーすることが不可欠であり、この条件に合うデータで現在利用できるものとしてNOAA/AVHRRを用いる。

(2) 雪氷分布、特にアジアモンスーン活動に影響が大きいチベット、ヒマラヤ地域の雪氷分布を分解能の高いMOS-1/MESSR, LANDSAT/TMを用いて検出し、その年変動を解析する。

(3) 海洋上の大気水分量、雲水量をMOS-1/MSRを用いて解析する。

(4) オホーツク海の海水分布をMOS-1/VTIR, MSRを用いて解析する。

(5) 以上のような各種環境条件画像を長期間にわたって整備し、モンスーン循環の変動、特に降水量との関係を明らかにする。

3. 研究成果

(1) シートルースデータを用いた海面温度の推定手法の開発

気象庁が日本付近の海域の4地点のブイ（図1）で観測している海面水温（海面下1m水温、観測間隔：3時間、分解能 0.1°C ）をシートルースデータとして、スプリットウィンドウ法により、AVHRRチャンネル4とチャンネル5の輝度温度から海面水温を推定する式を次のように求めた。

① 1989年の1年間の画像からブイ地点の各チャンネルの輝度値を読みとりチャンネル1の輝度値15（反射率＝4.5%）以下を晴れた海面とする。

② 晴れた海面のデータに対してブイ観測温度 T_b とチャンネル4輝度温度 T_4 との残差のチャンネル4とチャンネル5の輝度温度差 T_4-T_5 による1次回帰式

$$T_b - T_4 = 3.69 \cdot (T_4 - T_5) - 1.75$$

を求めた（図2）。

③ ②の残差をチャンネル4の輝度温度に対する補正項として、海面水温の推定式

$$T = T_4 + 3.69 \cdot (T_4 - T_5) - 1.75$$

を得た。

この推定式による推定温度とブイ観測温度との2乗平均誤差はチャンネル1の輝度値15以下のデータに対しては 1.1°C （図3）、また輝度値30以下のデータに対しては 2.5°C であった。

（2）月別広域海面温度、地表面温度分布図の作成

広域画像のデータベースは7日毎に作成しているので1月では4～5シーンになる。これらを合成して海面温度および地表面温度の月別の広域分布図を作成した（図4、図5）。

海面温度図作成のため、チャンネル1、2の輝度値 X_1 、 X_2 により

$$X_2 \leq X_1 * 0.7, X_1 \leq 30$$

を晴れた海面と判定し、（1）③の推定式により温度を求める。各画素毎にその月の推定海面温度の最高値を求め、それを月別海面温度の画素値とする。1月の全シーンを通して晴れた海面がない画素は推定不能として残す。

同様に、晴れた陸面を

$$X_2 \geq X_1$$

または

$$X_2 \geq X_1 * 0.8, T_4 \geq 30$$

により判定し、月別の広域地表面温度分布図を作成した。この際温度の推定式としては海面温度の推定式と同じものを用いた。

（3）月平均最高気温の推定手法の開発

平成2年度に開発した月最高気温の推定手法と同様な手法により、AVHRRチャンネル4とチャンネル5から月平均最高気温（日最高気温の月平均値）を推定する手法を開発した。本手法は日本気候データセンターの世界気象資料による各月の平均最高気温 T_s とAVHRRチャンネル4、5の輝度温度 T_4 、 T_5 から各地点毎に重回帰式

$$T_s = A * T_4 + B * (T_4 - T_5) + C$$

の係数 A 、 B 、 C を求めるものであり、本年度はこれを南アジアから東アジアにわたる15地点に適用して、いずれも重相関係数0.9以上、誤差の標準偏差 3°C 以下の重回帰式が得られた（図6）。

（4）クンプ氷河の移動状況の解析

前年度までにMOS-1・MESSRデータを用いたクンプ氷河（ヒマラヤ地区）の表面状態の解析結果を報告した。その中で氷河自身が10年間で数100m程度下流に移動していたことを確認した。

今年度は更にその移動状況をより詳細に捉えるために、MOS-1・MESSRよりも分解能が高いLANDSAT・TMデータを用いてクンプ氷河の解析を行った。

解析手順は以下のとおりである。

- ① クンプ氷河付近の切り出し及び幾何補正。
- ② 氷河上の岩屑等の分布を求めるのに最適なbandの抽出及びそのbandを用いた教師付分類。
- ③ 地図上へのマッピング。

上記解析手順により得た解析結果を図7に示す。図7はクンプ氷河上で岩屑が、0m（氷河の上部）、0.5m未満（氷河の中央部）、0.5m以上（氷河の周辺部）

堆積している地域の分類結果を5万分の1地形図にマッピングしたものである。なお使用した衛星データは、LANDSAT・TM(1988年4月12日、140-41-s8)のband 2、band 3、band 5であり、地図は、E.SchneiderによるKhumbu Himal(1:50000)である。

以上の解析結果と1978年に実施された地上調査との比較によりクンプ氷河の10年間の移動状況の把握が可能になった。

4. 考察

海面温度の推定におけるプリットウィンドウ法の係数の決定は理論的な方法もあるが、本研究では多数の均一なデータが使えることを利用して、統計的な方法により求めた。今回は1年分のデータを用いたが、今後衛星データの蓄積により、より多くのデータが使えればさらに精度の良い推定式が得られると思われる。

海面および地表面温度の月別広域分布図の作成については、晴れの領域の判定を厳しくすれば推定温度の精度は良くなるが分布図にヌケが多くなってしまう。ヌケを少なくしようとすると精度が落ちるという問題があり、今後の課題である。

月平均最高気温の推定では、回帰係数を地点毎に求めているが、現在その物理的根拠は必ずしも明確ではない。今後解析事例を増やしながら各地点の回帰係数とそこにおける環境条件等の関係を調べる必要がある。

クンプ氷河の解析では現地調査データの不足あるいは高低差が大きい地域(3000m程度の差)の幾何補正手法の問題等の検討課題が残っている。

5. 引用文献

気象庁：「気象庁海洋気象ブイロボット観測資料 第13号」、1990

6. 成果の発表

(1) 中根：「NOAA AVHRRのGAC データから作成した月単位の広域衛星画像を用いた月平均地表最高気温の推定」、第17回リモートセンシングシンポジウム、1991.3

(2) NAKANE: "Monthly mean air temperature derived from GAC data of NOAA-11 AVHRR", PROCEEDINGS OF THE 12TH ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING, VOL.II, 1991.11

7. 関係国との協力

中国の水利部リモセン技術応用センターと国家気象局衛星気象センターとの協力を行っている。本年度は水利部の研究者2名が来訪し情報交換、画像データ処理等を行った。また、本研究所から1名が水利部を訪問し、同部の案内で1991年に大洪水のあった揚子江支流の淮河流域を調査した。

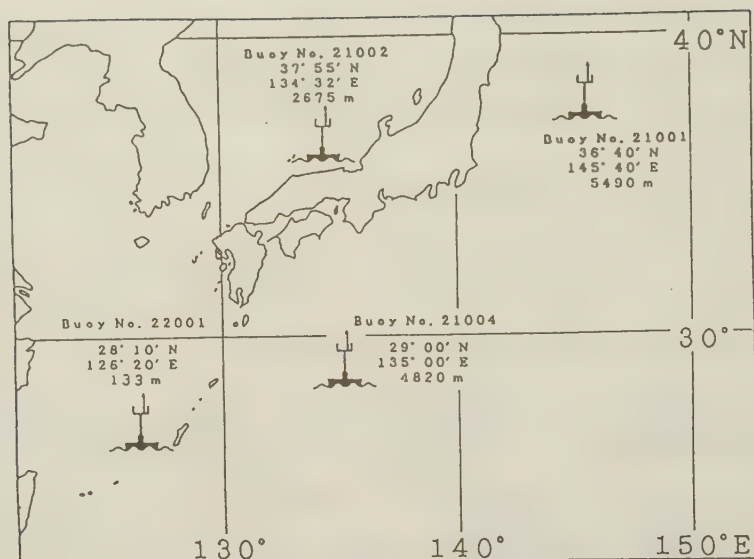


図1 海洋気象ブイ観測地点

Fig.1
Location of buoy stations

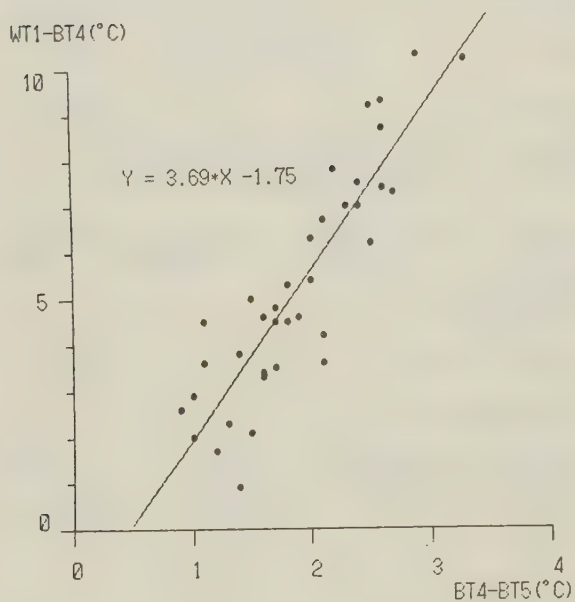


図2 チャンネル4輝度温度と実測温度の残差の
チャンネル4、5輝度温度差による線型回帰

Fig.2
Linear regression of defference between
channel 4 brightness temperature and
observed SST with brightness temperature
defference between channel 4 and 5

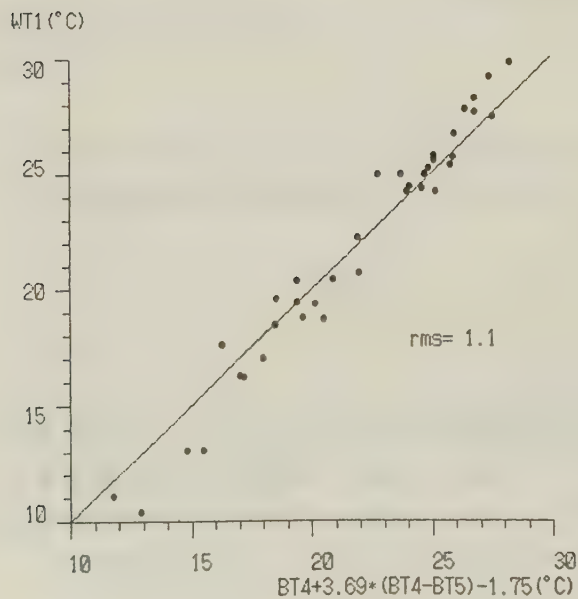


図3 海面温度の推定値と実測値の相関

Fig.3 Correlation between estimated SST
and observed SST

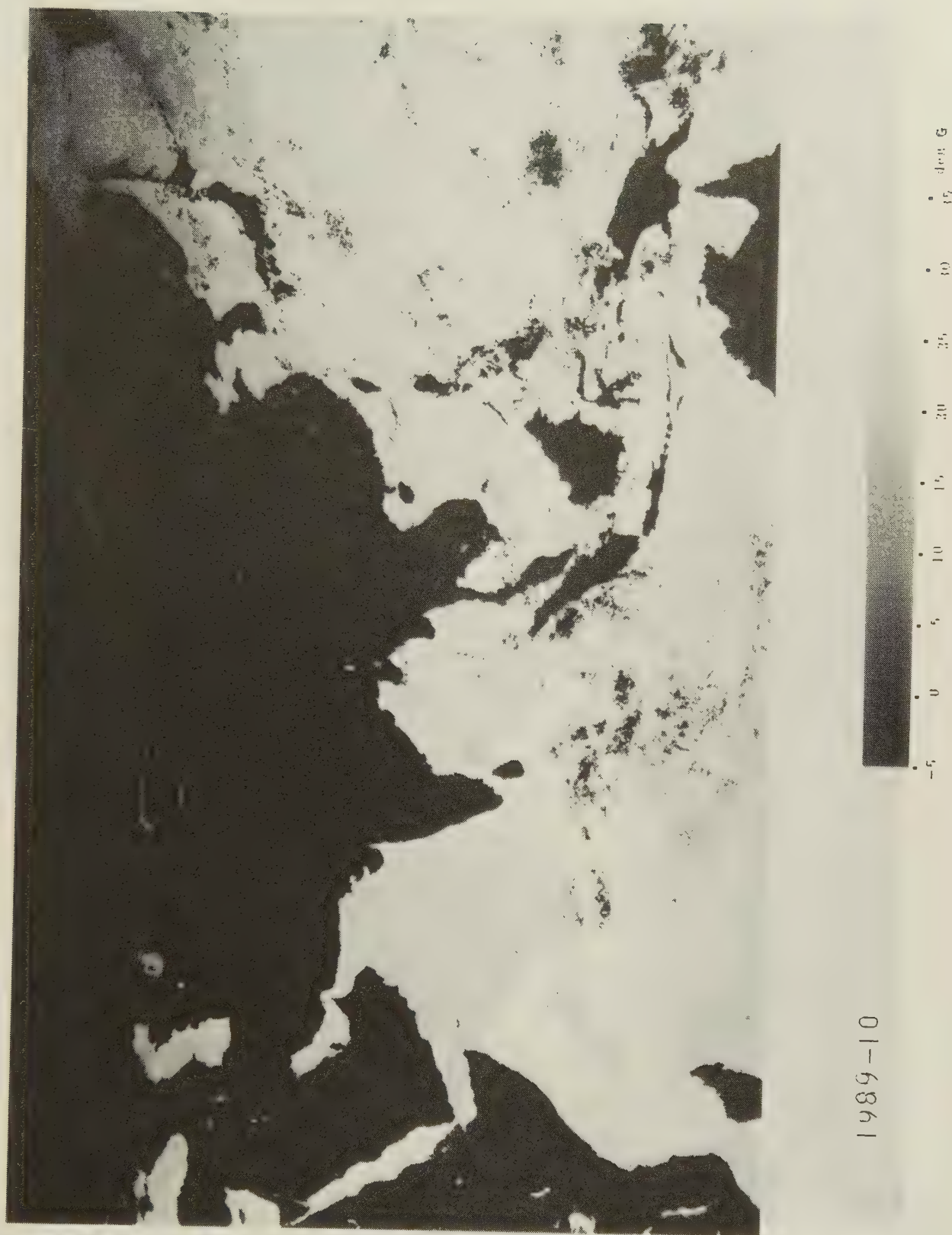


図 4 月別広域海面温度分布

Fig.4 Monthly sea surface temperature

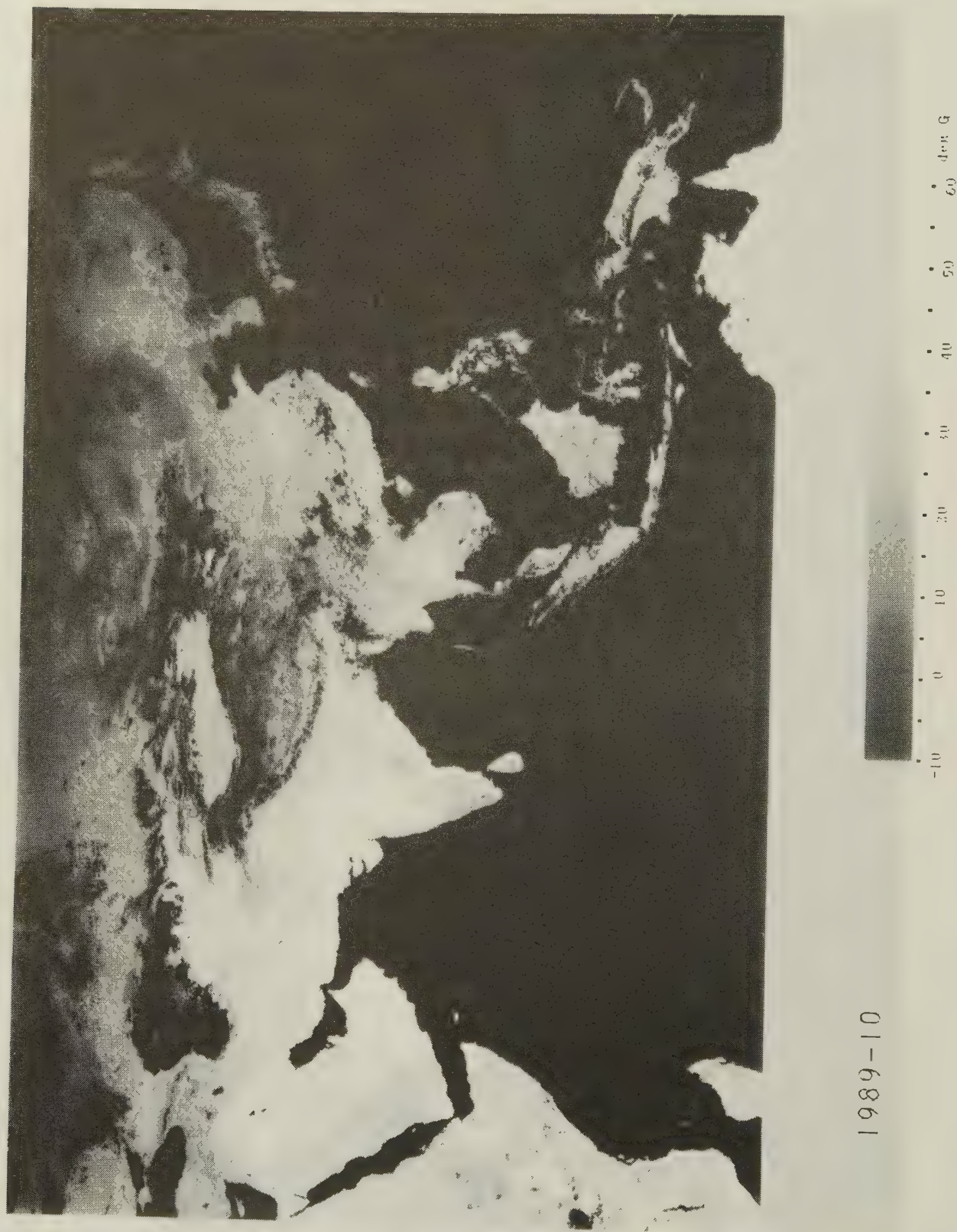
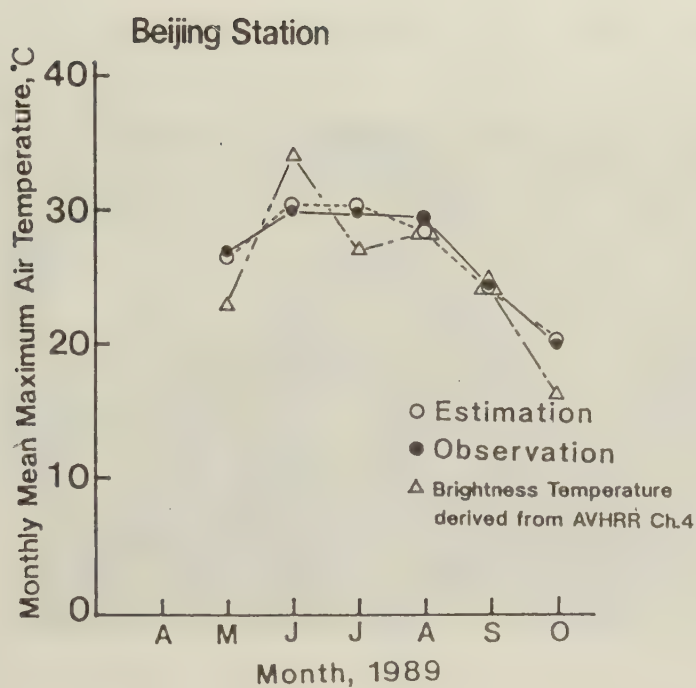


図5 月別広域地表面温度分布

Fig.5 Monthly land surface temperature



Note: Using The Regression Equation

$$\begin{aligned}
 TM\text{-max} &= 0.315 \times Tch.4 + 2.797 \times (Tch.4 - Tch.5) - 13.639 \\
 &= 0.315 \times (Tch.4 + 8.88 \times (Tch.4 - Tch.5)) - 13.639
 \end{aligned}$$

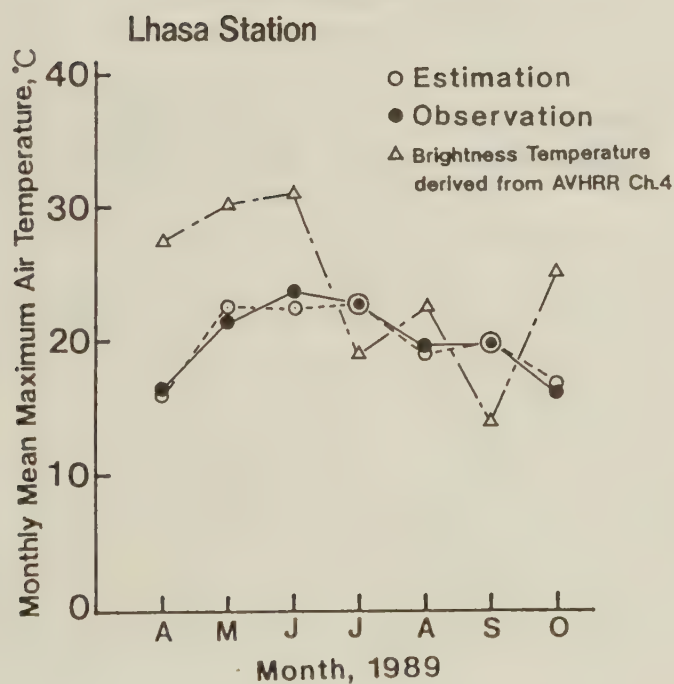


図 6 月平均最高気温の推定

Fig.6 Estimation of monthly mean maximum air temperature

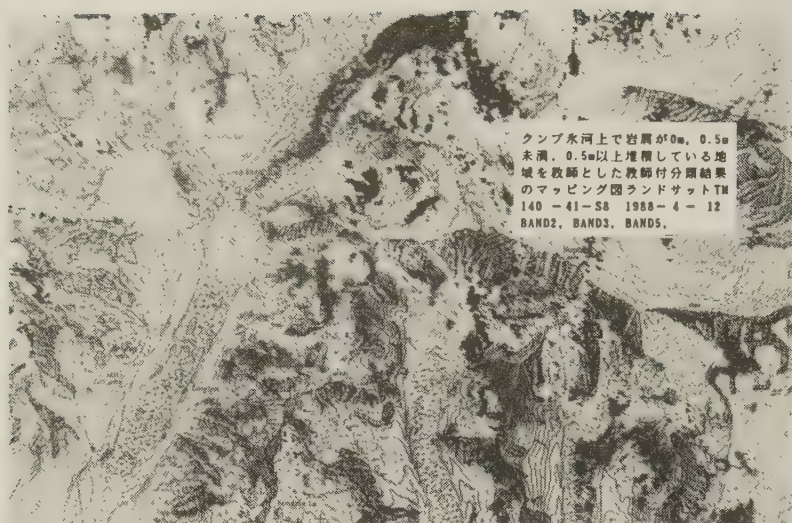


図7 1988年のランドサット・TMから求めたクンブ氷河上の岩屑の分布図

Fig.7 Distribution of the debris detected from Landsat TM at Khumbu Glacier in 1988

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究

Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

3. 衛星データの解析研究

Analysis of Satellite Data

(2) 大規模大気・海洋変動に関する解析研究

Analysis of Large-Scale Atmosphere/Ocean Variations

気象庁 気象研究所

村上 勝人、井上 豊志郎、山崎 信雄、中澤 哲夫

岡村 博文、高橋 清利、佐々木 秀行

Meteorological Research Institute,

Japan Meteorological Agency

M. Murakami, T. Inoue, N. Yamazaki, T. Nakazawa,

H. Okamura, K. Takahashi, H. Sasaki

(Abstract)

This study aims at revealing the large scale cloudiness changes in the Asian Monsoon region by using combined INSAT-GMS IR dataset. This dataset was made by joining these two satellites data on the basis of respective one degree square mesh mean TBB data with carrying on their intercalibration.

The five day running mean filtered longitude-time section of TBB for 5°N-EQ shows eastward-movements of several super cloud clusters. Especially it is observed that one of these SCCs, which appeared on the eastern coast of the Africa continent in the end of May 1991, migrated to around the Date Line in about one month with maintainning its identity, and brought about the monsoon onset of this season. The 30-40 day bandpass filtered latitude-time section of TBB for 70°E-90°E shows several northward movements of cloud systems from the Equator to about 20°N. It is considered that the first movement bring about the monsoon onset of this season.

Over the Indian Ocean sector the eastward movement and the northward movement of cloud system in the end of May 1991 as mentioned above ouccared at the same time, and brought about the onset of monsoon in this season. These simultaneous movements can be seen in other cases. From these results it is suggested that the intraseasonal mode over Indian sector has a structure of slightly inclined to southeastward.

The relation of convective activity over the Indian continent and Sea Surface Temperature (SST), water vapor amount is studied using 10 day mean values derived from split window data. There is a negative correlation between SST off the west coast of soutehrnr India and convective activity over the southern part of India. The SST over the Arabian Sea is also related negatively with the wind at 850 hPa off the somalia.

1. 研究目的

本研究の目的は南アジア、東アジアおよび西太平洋域におけるモンスーンの大規模な雲域変動等の様相を季節内変動、インド洋域と西太平洋域との相互作用などの観点から静止気象衛星による赤外資料および高層観測資料を用いて明らかにすることにある。また衛星データから降水活動や海面温度、水蒸気量を推定する技法を開発・応用し、モンスーンに伴う大気-海洋変動の特徴ならびに相互の関連を明らかにする。

2. 研究方法

収集した3時間毎のINSAT衛星の緯・経度 1° メッシュ平均TBBデータとヒストグラムデータより作成したGMS衛星の緯・経度 1° メッシュ平均TBBデータを両衛星からほぼ等距離になる 110°E - 115°E のオーバーラップ領域のデータにより較正を行いながら結合し、1991年5月～9月のINSAT-GMS結合データを作成した。この結合データを用いて、大規模雲域変動の解析を行った。

またSplit Window データ ($11\mu\text{m}$ と $12\mu\text{m}$) を用いて、降水と密接に関連する光学的に厚い積雲系の雲を客観的に判別・抽出し、インド洋・太平洋における対流活動を評価した。さらに晴天域において海面温度および水蒸気量を算定し、広域での分布の特徴およびモンスーン活動との対応を調べた。循環場を調べるために気象庁全球客観解析データを用いた。

3. 研究成果

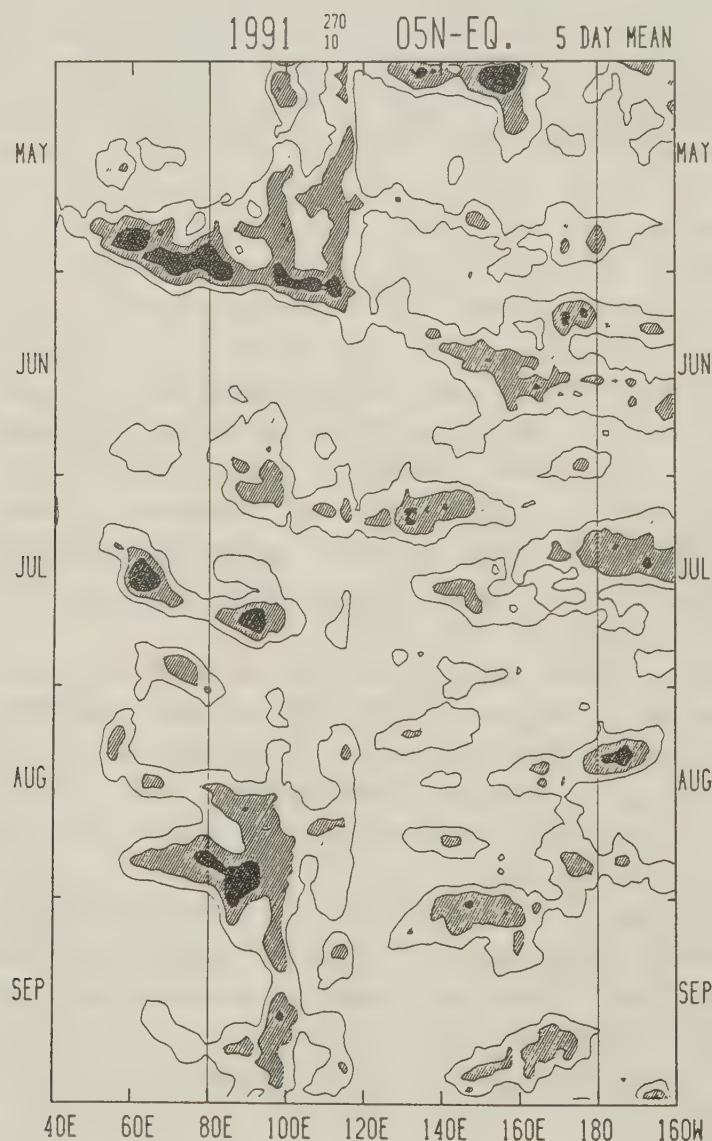


図1 5日間の移動平均した、 5°N-EQ における平均TBBの経度-時間断面図。等値線は 270K 以下、 10K 毎。薄い(濃い)斜線域は 260K (250K)以下の領域を示す。

Fig.1 Five day running mean filtered latitude-time section of mean TBB for 5°N-EQ . Contour lines are drawn below 270K . Contour interval is 10K . Light(thick) shaded area is less than 260K (250K).

図1は5日間の移動平均をかけた $5^{\circ}\text{N}-\text{EQ}$ における平均TBBの経度-時間断面図である。この図から5月下旬にアフリカ東岸にあらわれた雲域が約 7m/s の位相速度で東進し、6月中旬に日付変更線付近に達したことがわかる。その後、この最初のケースほど明確ではないが、6月末から7月上旬、7月後半、8月後半、特にインド洋上で同様な雲域の東進が見られる。

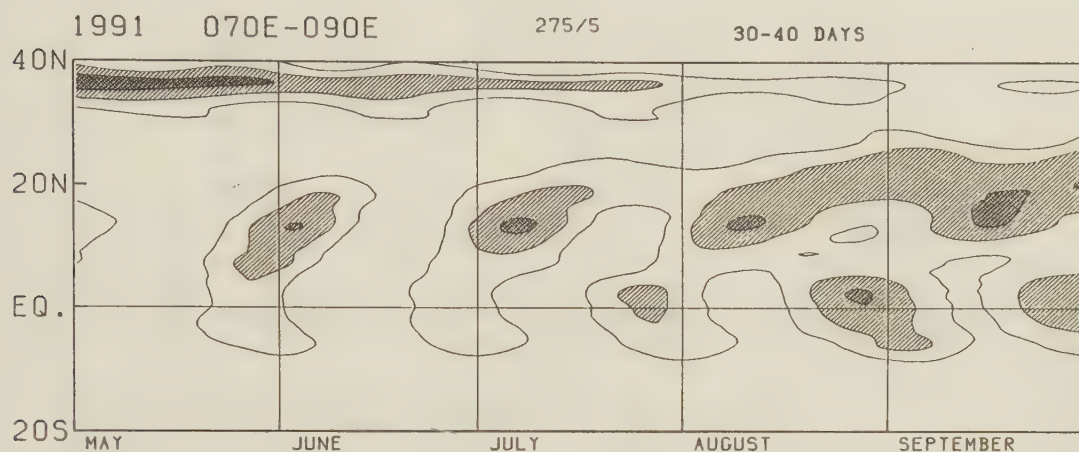


図2 30-40日バンドパスフィルターをかけた、 $70^{\circ}\text{E}-90^{\circ}\text{E}$ における平均TBBの緯度-時間断面図。等値線は 275K 以下、 5K 毎。薄い(濃い)斜線域は 270K (265K)以下の領域を示す。

Fig.2 30-40 day bandpass filtered longitude-time section of mean TBB for $70^{\circ}\text{E}-90^{\circ}\text{E}$. Contour lines are drawn below 275K . Contour interval is 5K . Light(thick) shaded area is less than 270K (265K).

図2に30~40日のバンドパスフィルターをかけた、 $70^{\circ}\text{E}-90^{\circ}\text{E}$ における平均TBBの緯度-時間断面図を示す。5月末から6月初めにかけて赤道から 20°N 付近まではほぼ $1^{\circ}/\text{DAY}$ の位相速度で雲域が北進しているのが見られるが、この現象は図1について既に述べた5月末にインド洋赤道域を東進した雲域から始まっている。6月末、8月末の雲域の北進についても、それぞれ図1の6月末、8月末の雲域の東進に対応している。

また本年度はモンスーン活動が比較的弱かった1986年5月から7月の3ヶ月間について、Split Window データからアラビア海における海面温度とインド大陸における積雲対流活動の変動について旬平均値を用いて調べた。図3にソマリア沖アラビア海中部、インド南部の西岸における海面温度とソマリア沖の 850hPa における風の変動を示す。6月上旬から中旬にかけて急激にソマリJetが強まり、それに伴って海面温度も急速に低下していることが分かる。ソマリ沖とアラビア海中部ではタイムラグが見られるがほぼ同じような変動をしている。インド西海岸でも2ヶ月で約 4°C ほど海面温度が低下している。この期間インド大陸($75^{\circ}-80^{\circ}\text{E}$)の南部($10^{\circ}-20^{\circ}\text{N}$)での対流活動の指標とモンスーン西風の変動を図4に示す。対流活動は6月上旬から活発になり、7月上旬に活動が弱まっている様子が分かる。初期にはモンスーン西風が1旬ほど遅れてはいるもののほぼ対流活動の活発な時には西風が強くなっている。またこの時の海面温度は図3に見られるように徐々に低下しており、モンスーンの対流活動と負の相関が見られる。図5に対流活動とインド南部の西岸沖での水蒸気量の指標を示す。水蒸気量が多くなると1旬遅れて対流活動が活発になっている傾向が見られる。海面温度と水蒸気量は晴天域でのみ算定されることや旬平均値を用いていることからきちんとした位相のズレについての議論は難しいかも知れな

いが観測事実として示す。

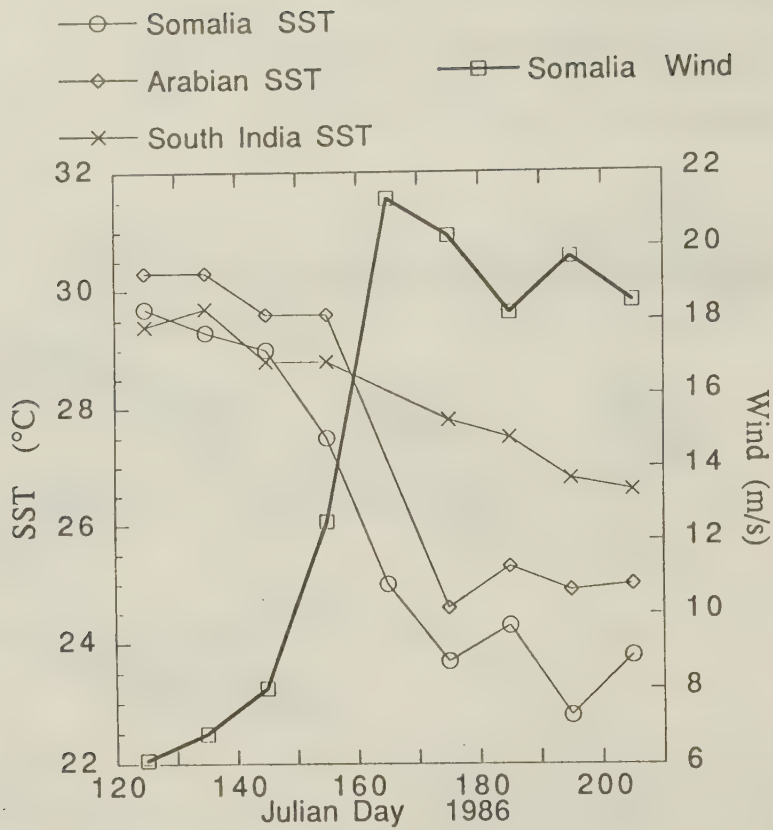


図 3 ソマリア沖アラビア海中部、インド南部の西岸における海面温度とソマリア沖の 850hPa における風の変動
Fig. 3 The 10 day mean SST variation with wind at 850hPa over the area off the Somalia.

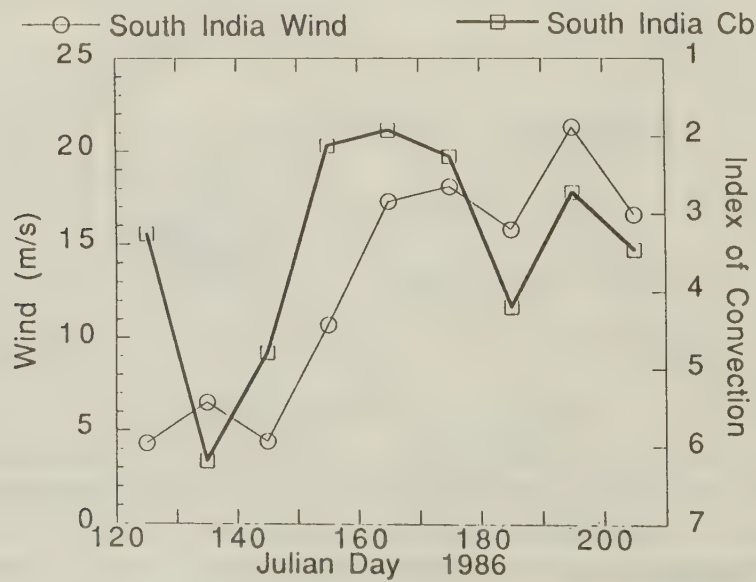


図 4 インド大陸 (75°-80°E) の南部 (10°-20°N) での対流活動の指標とモンスーン西風の変動
Fig. 4 The variation of 10 day mean index of convective activity and wind at 850 hPa over the southern part of the India.

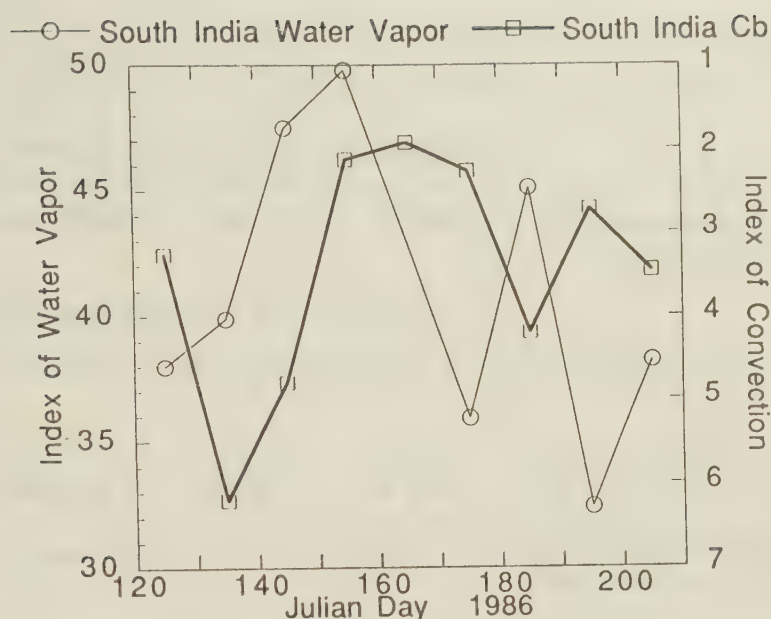


図5 対流活動とインド南部の西岸沖での水蒸気量の指標

Fig. 5 The variation of 10 day mean index of convective activity and water vapor amount over the southern part of India.

4. 考察

図2で見られた5月末に始まる雲域の北進がインドにおけるモンスーンオンセットをもたらしたと考えられる。この雲域の北進と赤道域における東進の対応は南東に傾いた雲域が東進するため、と解釈できる。そして、この関係が7月末、8月末の現象にも見られることから、インドモンスーンにおける季節内変動の一般的な構造と考えられるが、このことは、T. Yasunari(1979)の結果と一致する。

また海面温度については旬平均値を用いて議論したが、ソマリア沖で風との対応が敏感に表れていた。また、現在海面温度の全球図は月平均値が利用できるのみであるが、アラビア海の海面温度の絶対値は1987年や1988年に比してより低温であった。モンスーン西風(モンスーン活動)の強弱とアラビア海の海面温度の状態は年々変動しており、この点について調査する必要がある。

5. 引用文献

1) T. Yasunari; J. M. S. J., NO. 3, VOL. 57(1979)

6. 関係国との協力

インドとの科学技術協力を課題名「アジアモンスーン研究のためのGMSとINSAT資料の利用」のもとで行なっている。平成3年度においては、インド気象局のA. V. R. K. ラオ衛星部ディレクターを平成4年2月5日から3月31日の期間気象研究所に招聘し、熱帯海洋上における移動性じょう乱とインド夏季モンスーンの相互作用に関する共同研究を実施した。

7. 研究成果の発表

①学協会誌における発表

1)国内誌

発 表 項 目	発表者	発表年月	発表機関	掲載刊行物
Seasonal phase lock of intraseasonal variation during the Asian summer monsoon	中澤哲夫	4年 2月	日本気象学会	気象集誌70巻 1B号

②口頭発表

発 表 項 目	発表者	発表年月	発表機関	掲載刊行物
Split Window によるアラビア海の対流活動と海面温度について	井上豊志郎	3年 5月	日本気象学会	1991年春季大会 講演予稿集
鉛直速度を補正する一つの方法	山崎信雄	3年 5月	日本気象学会	1991年春季大会 講演予稿集
季節内変動スケールでの太平洋高気圧と梅雨前線の関係	山崎信雄	3年10月	日本気象学会	1991年秋季大会 講演予稿集
熱帯域での対流活動と海面温度・水蒸気量の関係について -Split Window データの応用-	井上豊志郎	4年 1月	第2回TRMM研究会	同左講演要旨集
The use of split window data in rainfall estimation	井上豊志郎	4年 3月	「宇宙からの 降雨観測データ の処理・利用に 関する国際ワー クショップ」	同左講演要旨集

I. 大気を媒介とした海陸相互作用及び長周期変動に関する観測・解析研究 Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

(3) 衛星データの解析的研究 Analysis of Satellite data

3) 地球放射収支に関する解析的研究 Analysis of Earth Radiation Budget in Relation to Asian Monsoon

気象庁気象研究所

杉 正人*

Meteorological Research Institute

Japan Meteorological Agency

Masato Sugi

*現所属 科学技術庁防災科学技術研究所

(Abstract)

The purpose of this study is to clarify the role of solar and terrestrial radiation in the mechanism of variation of Asian summer monsoon. For this purpose, the earth radiation budget (ERB) data observed by NIMBUS-7 and ERBE satellites are utilized. Spatial and temporal variations of the ERB are analyzed and the relationship with the monsoon activities are investigated. The analyzed ERB data will be used for verification of radiation budget simulated by general circulation models. The ERB data, combined with the surface energy budget data obtained by analysis of observed data or simulated by general circulation models, will also be used for the energy budget analysis of monsoon.

Using the ERBE S-4 data, monthly mean cloud radiative forcings were computed for April, July and October of 1985 and January of 1986. Cloud radiative forcing for these months were also computed using the MRI-GCM results and compared with the satellite observations. Distribution of GCM net cloud radiative forcings seem to be reasonable. However, looking at the shortwave and longwave forcing separately, we found large discrepancy between the model and observation.

1. 研究目的

モンスーンは、太陽放射による陸面と海面の加熱差により基本的に形成されている。従って、地球放射収支 (ERB) の分布を解析することは、モンスーンの入り・明けなどの活動の機構を解明する上で基本的に重要である。本研究では、NIMBUS-7等によって観測されたERBの空間分布・時間変動を調べ、放射収支の立場からアジアモンスーンの形成・維持・変動のメカニズムを明かにすることを目的とする。

2. 研究方法

前期5年間は、NIMBUS-7およびERBE衛星による地球放射収支の観測データの解析を行ない、その空間分布・時間変動を調べモンスーン活動との関連を調べる。後期4年間は、大気大循環モデルによるモンスーンのシミュレーション結果を放射収支の立場から検証すると共に、モデルによって得られた地表面でのエネルギー収支と併せて、総合的なエネルギー収支解析を行なう。

3. 研究成果

地球放射収支の気候図を見ると、短波放射、長波放射、アルベードの分布は、雲の分布とよく対応していることがわかる。すなわち、熱帯の対流活動の強いところでは、アルベードが大きくなり、吸収される短波放射は少なくなり、また外向きの長波放射が少なくなる。このように、雲は地球放射収支の空間分布、時間変動に大きな役割を果たしている。Charlock and Ramanathan (1985) は、衛星で観測される大気上端での上向き長波放射と短波放射から、雲の影響を評価するために、Cloud Radiative Forcing (CRF, 雲の放射強制) という量を定義した。

$$C_{LW} = F_{clr} - F; \quad C_{SW} = S \alpha_{clr} - S \alpha; \quad C_{net} = CLW + CSW$$

(F は、上向き長波フラックス、 S は入射太陽光フラックス、 α はアルベード、 clr は晴天の場合の値を表わす。ERBE S-4 データには、晴天の放射量のデータが含まれているので、CRFを容易に求めることができる。

図1に、1985年4月、7月、10月および1986年1月のERBEによるnetのCRFと、実測の海面水温を用いたMRI-GCMの20年ラン(Kitoh, 1991)の結果から計算したnetのCRFを示す。図1(b)の7月の場合を見ると、観測、モデルとも北太平洋、北大西洋での大きな負の値(雲によるcooling)、南半球60S付近での正のピーク(雲によるwarming)が見られる。北太平洋東部には、下層雲の影響を示す負の値が、両者ともに見られるが、ペルー沖の負の領域はモデルでは出ていない。熱帯では、netのCRFは全般に小さくなっているが、これは、短波と長波のforcingが互いにキャンセルしているためである。図1(d)の1月の場合、7月とは逆に、観測、モデルとも、南半球60S付近で大きな負のforcing(雲によるcooling)、北半球高緯度で正のforcing(雲によるwarming)となっている。4月(図1a)と10月(図1c)の分布は、それぞれ7月と1月の分布と似た分布となっているが、これは、太陽高度が、4月は7月に近く、10月は1月に近いためである。モデルはこのようなCRFの分布の季節変化の基本的な特徴をよく再現している。

図2は、帯状平均の短波、長波、netのCRFを示したものである。各季節とも共通して、低緯度におけるモデルのCRFは、短波、長波とも絶対値がERBEの観測と比べて小さくなっている。これは、モデルの雲量が熱帯域で実際より小さ過ぎる(谷貝、1988)ことと対応している。また、4月の北半球高緯度では、逆にモデルのCRFは短波、長波とも観測より絶対値が大きく、雲が多過ぎる(谷貝、1988)ことを示している。1月も北半球高緯度でモデルの長波のCRFが観測より大きくなっているが、太陽高度が低いため短波のCRFでは差が小さい。その結果、netのCRFは実際よりも大きな正のforcingとなっている。

4. 考察

GCMのCRFとERBEのCRFの比較により、モデルのnetのCRFは観測値と比較的よく合っているが、短波と長波のCRFはそれぞれ大きな誤差をもっており、二つの誤差がキャンセルしてnetのCRFの誤差が小さくなっていることが示された。これは、熱帯においてモデルの雲量が実際より少ないことが、おもな原因である。現在モデルを改良中なので、新しいモデルでこの点がどのくらい改善されたかチェックしたい。

NIMBUS-7のデータによる月平均のアノマリの年々変動の妥当性の検討を早急に行ない、モンスーンの年々変動との関係の解析を進めたい。

5. 引用文献

Charlock, T.P. and V.Ramanathan, 1985: The albedo field and cloud radiative forcing produced by a general circulation model with internally generated cloud optics. J. Atmos. Sci., 42, 1408-1429.

Kitoh, A., 1991: Interannual variations in an atmospheric GCM forced by the 1970-1989 SST.Part I: Response of the tropical atmosphere, 3, 251-269.

谷貝 勇、1988: MRI-GCM-I による雲のシミュレーション (I)、日本気象学会1988年春季大会講演予稿集

6. 成果の発表

(1) 学協会誌以外における発表

1) 国内誌

発表者名	発表題名	発表誌名等
M. Sugi	Study of earth radiation budget in relation to Asian monsoon	アジアモンスーン機構に関する研究 「日本と中国におけるアジアモンスーン研究」 科学技術庁、1992

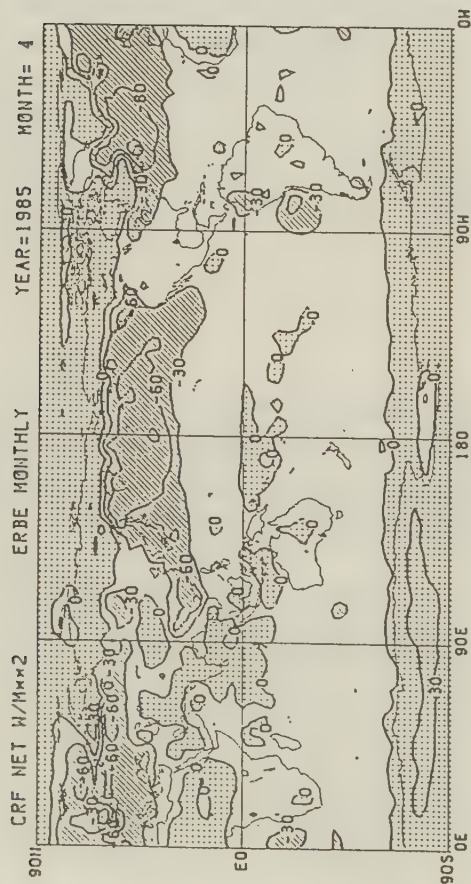
(2) 口頭発表

発表者名	発表題名	発表場所
杉 正人 谷貝 勇	大気大循環モデルにおける Cloud Radiative Forcing	日本気象学会1991年秋季大会

7. 関係国との協力

なし

(a)



(b)

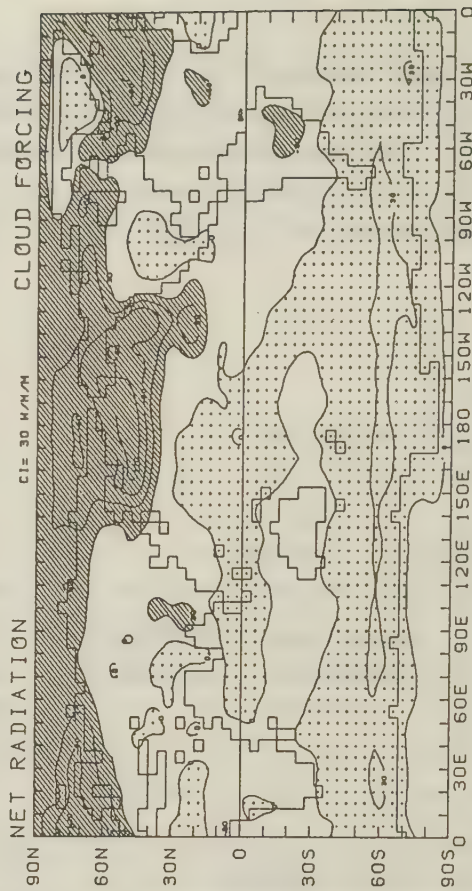
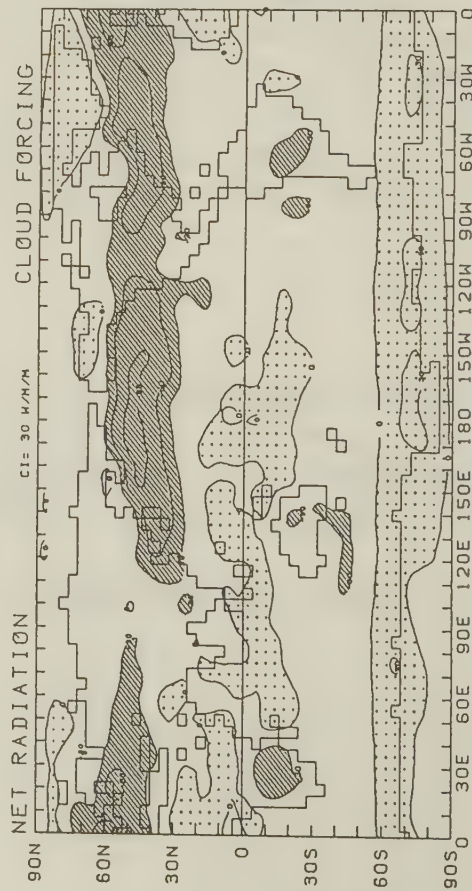
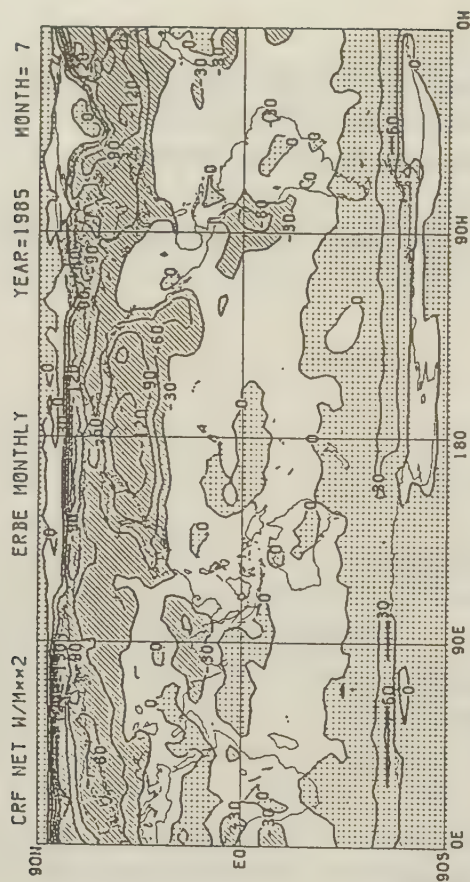
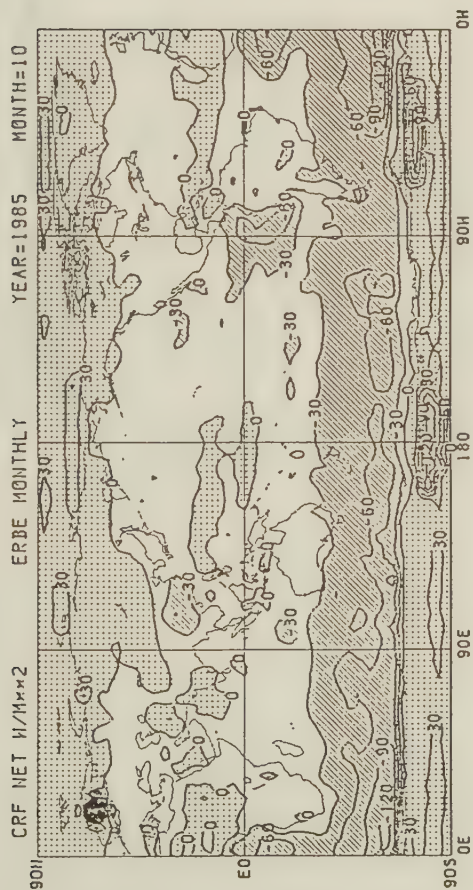


図 1. (a) Net Cloud Radiative Forcing. 1985年4月。
上: ERBEの観測、下: モデル。
Fig.1 (a) Net Cloud Radiative Forcing for April 1985.
Top: observed (ERBE), bottom: simulated (MRI-GCM)

図1. (b) 1985年7月の場合。
Fig.1 (b) Same as in (a) but for July 1985.

(c)



(d)

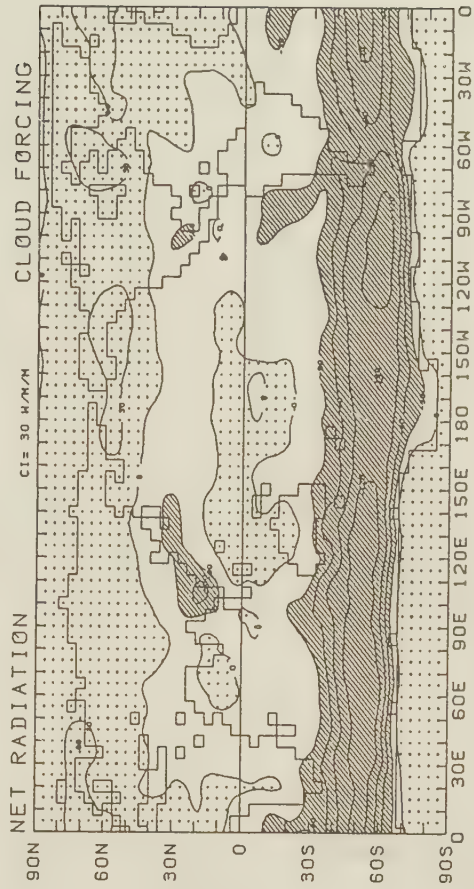
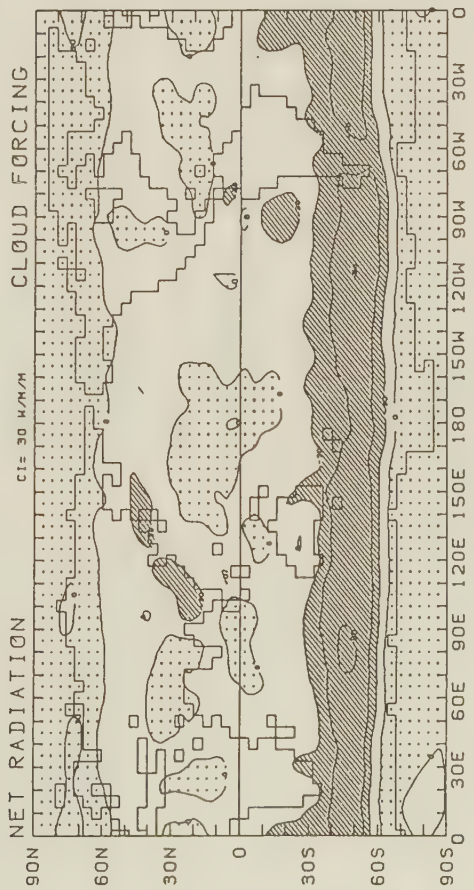
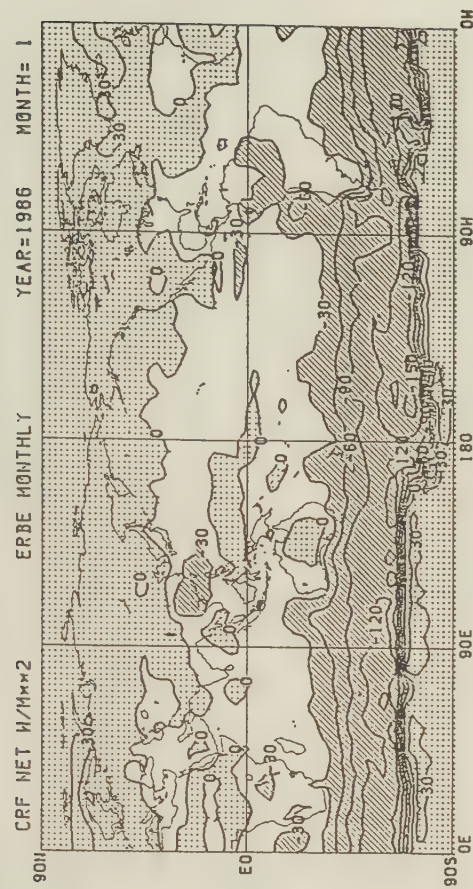


図1. (c) 1985年10月の場合。

Fig. 1 (c) Same as in (a) but for October 1985.

図1. (d) 1986年1月の場合。

Fig. 1 (d) Same as in (a) but for January 1986.

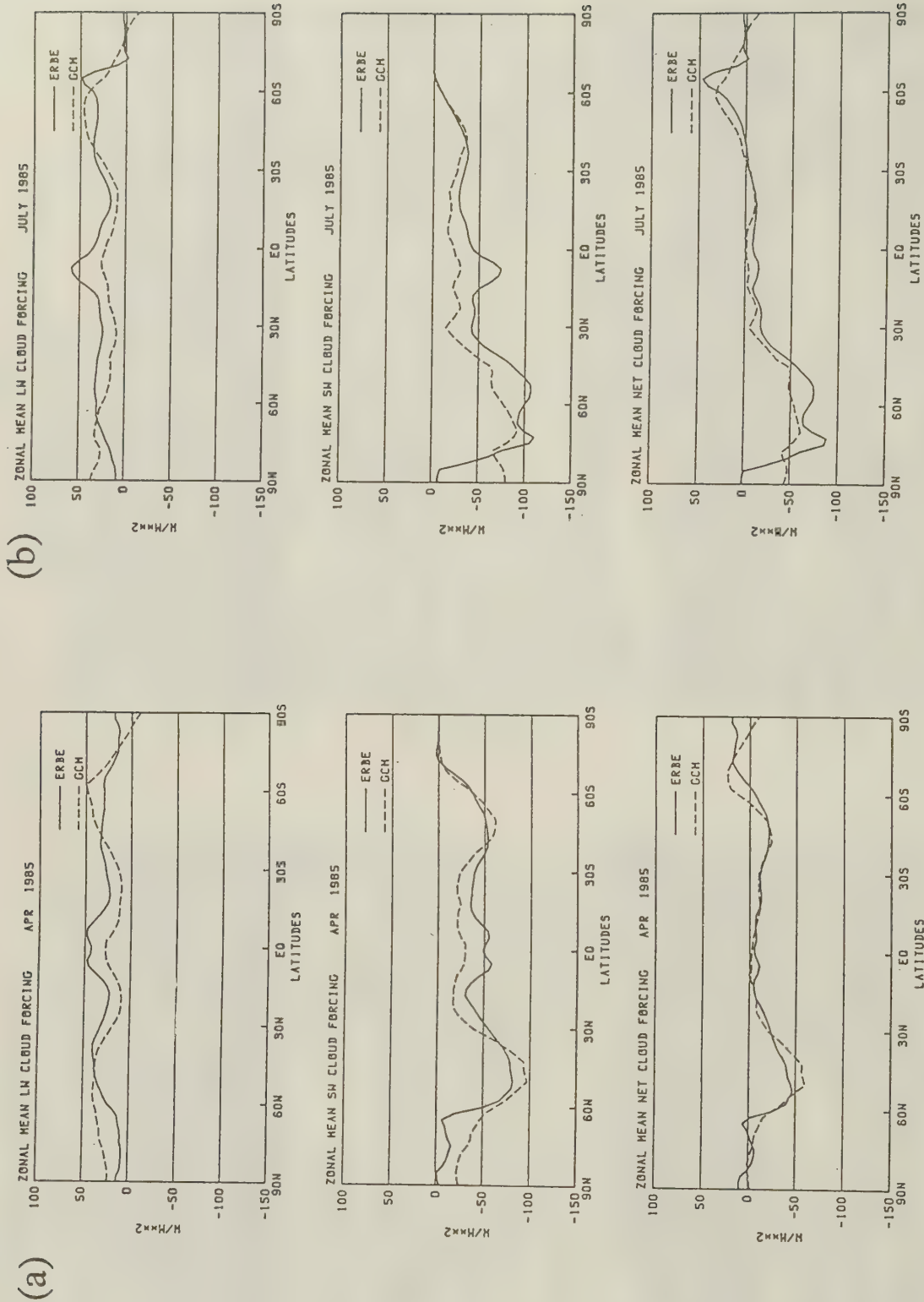


図 2. (a) 帯状平均のCloud Radiative Forcing. 1985年4月。
 上: 長波、中: 短波、下: net. (実線: 観測、破線: モデル)
 Fig. 2 (a) Zonal mean cloud radiative forcing for April 1985.
 Top: longwave, middle: shortwave, bottom: net.
 (Solid lines: observation, dashed lines: model.)

図 2. (b) 1985年7月の場合。
 Fig. 2 (b) Same as in (a) but for July 1985.

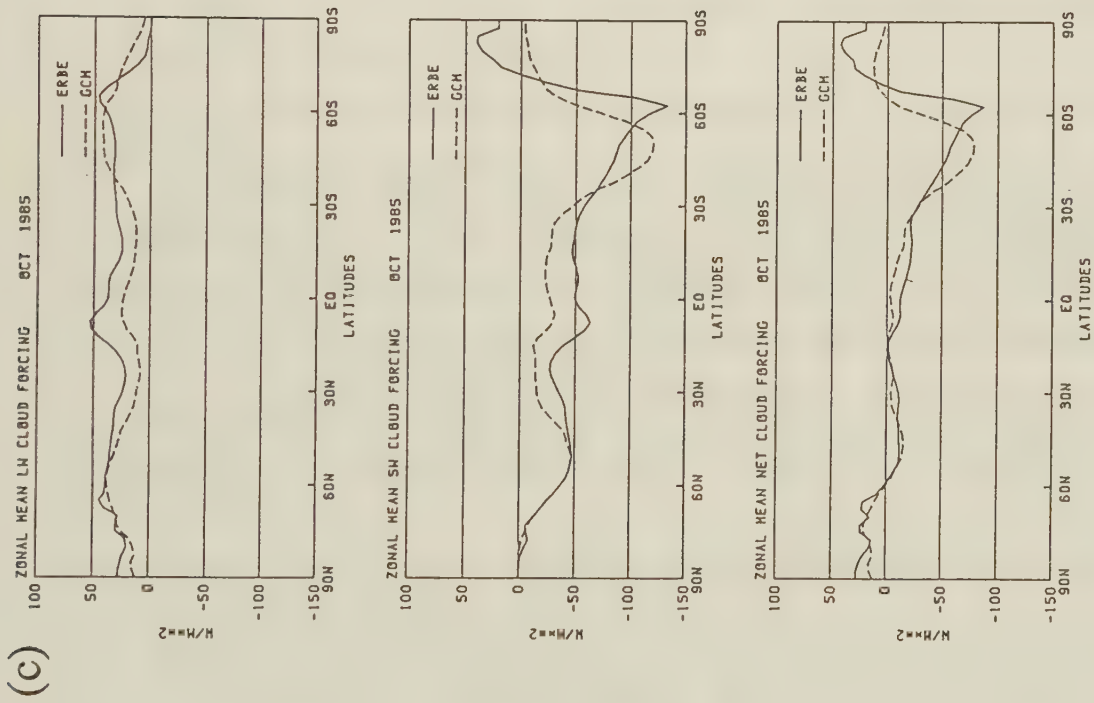


図 2. (c) 1985年10月の場合。

Fig. 2 (c) Same as in (a) but for October 1985.

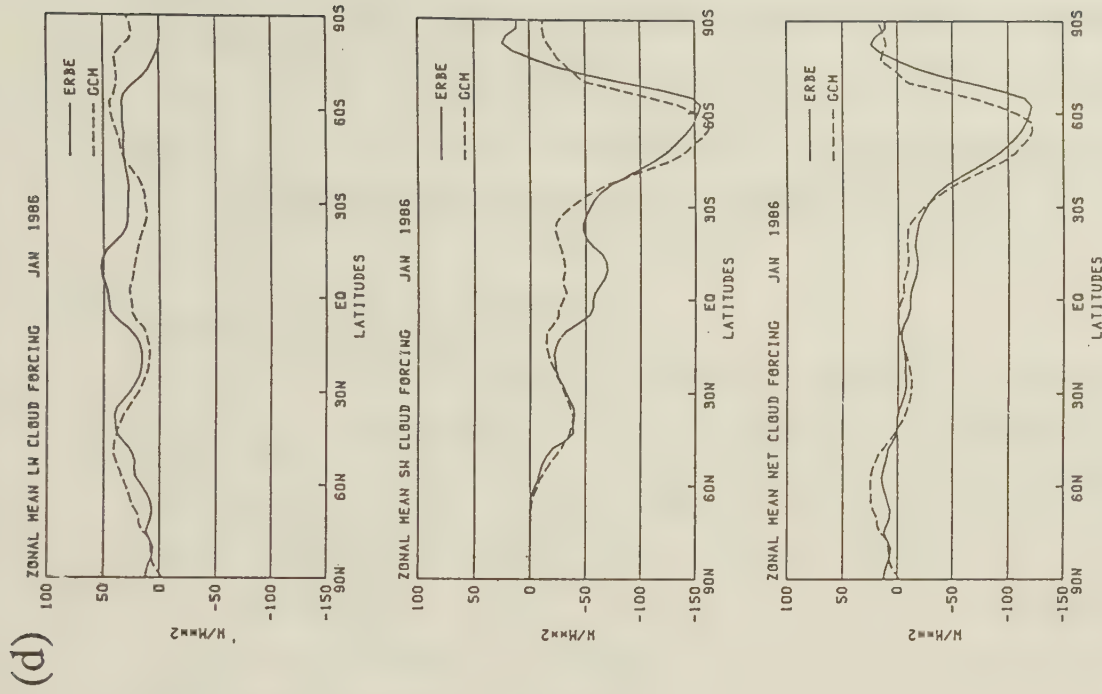


図 2. (d) 1986年1月の場合。

Fig. 2 (d) Same as in (a) but for January 1986.

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長期変動に関する観測・研究

Study on Air-Sea-Land Interaction and the Long Term Variations

(4) 地域水収支に関する解析研究

Analytical Study of Water Balance on Representative River Basins

科学技術庁防災科学技術研究所
気圏・水圏地球科学技術研究部
水循環研究室

岸井 徳雄

Hydrologic Cycle Laboratory.
Atmospheric and Hydrospheric
Earth Science Division.
National Research Institute for
Earth Science and Disaster Prevention.
Science and Technology Agency
T. Kishii

(Abstract) The activity of Asia monsoon is influenced by water cycle and change of water cycle affect Asia monsoon. This study aims to clarify water balance of the regional scale in China. For the purpose hydrological data base, the element are precipitation, runoff, evapotranspiration, temperature, humidity, wind velocity and radiation, has been made. Using this database the yearly change of precipitation is analyzed. Further more the experimental basins will be built and the detailed analysis of water balance in the basin is scheduled.

This report shows seasonal change of precipitation in China using "World Meteorological Data (1982~1988)". This data contain temperature, humidity and precipitation etc of 169 meteorological stations.

The result is following. Annual precipitation is the whole China amounts 551mm. The value is considerably few. So it estimated that the potential evaporation is about precipitation. The seasonal change is same every year. But small annual change of precipitation was found in 1983 and in 1986. It is the future problems that the precise analysis of evapotranspiration from meteorological data is carried out.

1. 研究目的

アジアモンスーン変動は、各地域の水の循環によって大きな影響を受け、又、水の循環の変動はアジアモンスーンに大きな影響を与える。本研究は、このモンスーン変動にとって重要な水の収支について、中国を対象地域として研究を行うものである。

具体的には、中国における水文資料（降水、流出、蒸発、気温、湿度、風、日照等）の水収支の研究に必要なデータを収録し、データベース化する。

次に、それを用いて、水収支の解明に重要な水文要素である降水の年々変動について解析を行うとともに中国内に流出試験地を設け、この流域内で精密な水文観測を行い、地域の水収支を明らかにするとともにこの長期変動とアジアモンスーンとの関係について研究し長期的な水収支の予測に役立てようとするものである。

2. 研究方法

今年度は、水文資料のデータベース化と降水の年々変動とについて解析を行った。データベース化に用いた資料は、中国地面気象記録月報（北京気象局発行）である。本月報には中国内196地点の水文・気象要素（降水、気温、風、積雪、日照、気圧、地温等）が掲載されている。これらデータを各月毎に観測地点順に数値化し、フロッピーディスクに収納したものである。今年度は1979年から1981年までをデータベース化した。今後は毎年度2～3ヶ年ずつ1972年までをデータベース化する予定である。

次に降水の年々変動に用いた資料は気象庁の「世界気象資料月報(1982～1988)」で本資料には、降水のみならず気温、湿度等のデータも含まれている。これら気象観測地点は計169地点あり、その分布を図1に示す。この図からわかるように気象観測点の分布は、特に中国の西部で少なくなっており海岸部（東シナ海）に近づくに従って多く（密に）なっている。降水量の年々変動を調べるため全観測点の降水量の算術平均値を求め、中国全域の平均降水量を算出した。

3. 研究成果

水収支要素の内で重要な、降水の変動は、地域の水文・気象条件によって、大きく影響を受ける。その一例として1983年4月における中国の東西の各地域の代表として西の和田、東の北京の蒸発量(mm/day)、湿度(%)及び気温(℃)を図2～図5に示す。

図2は降水量を示す。北京は79mmの月降水量があるが、一方、和田は1mmにすぎない。このように西部の乾燥域の特徴が表れている。

図3の蒸発量に関しては、和田で11mm/day、北京で8mm/dayと和田における蒸発量がかなり多い。この蒸発量は径20cmの蒸発パンで測定されたもので実蒸発散量はその約70%と推定される。

図4は、相対湿度を示したもので和田の平均が25%北京の湿度は50%と西部の乾燥地帯にある和田の乾燥の大きさが表れている。

図5は、気温で4月初旬には2～3度和田の方が高いが月末ではほぼ同程度の気温となっている。以上のように降水量、蒸発量、湿度、気温等の水文・気象要素は、中国の東西においてかなり異なる。この内、蒸発量については湿度、気温、風、日照等を考慮にいて、推算式を用いてより精度の高い蒸発量の解析が必要となる。

次に降水の年々変動について調べた。昨年度までは、中国の東及び西部地域の降水分布の特徴を調べたが、今年度は中国全域の降水量の平均値即ち、面積平均値を用いてその年々変動を調べる。

図6にその結果を示す。中国全域の平均降水量の算出方法は2.で述べたとおりで

ある。同図中1988年のデータは9月まで収録されており、1年未満となっている。

図6の降水量の季節変化は、毎年かなり安定して変化していることがわかる。年降水量に関しては、1982年～1987年まで485mmから563mmの範囲にあり、6年間の平均で551mmである。その内、1983年の年平均降水量は510mm、1986年では485mmとそれ以外の4年間に比べかなり少ない。

4. 考察

中国の月降水量の資料を用いて、中国の全域の平均降水量の年々の季節変動を調べた。その結果少なくとも1982年から1988年においては降水量の季節変化は規則的である。又、年平均降水量については1983年と1986年においてかなりの減少があった。次に6年間の中国全域の年平均降水量は551mmである。この値から推定すると可能蒸発散量が降水量より大きくなり、降水のほとんどが蒸発となることも推定される。この点に関しては、実蒸発散量算定のため、中国全域の気温、風速、日照及び湿度等のデータを用いて解析を進める予定である。

以上

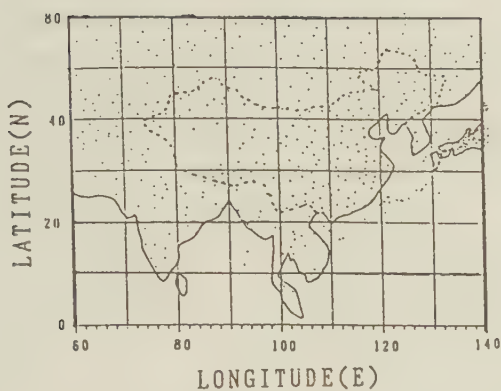


図1 中国の降水量観測地点 (点線内)
Fig.1 Rainfall observation station in China
(inside of dotted line)

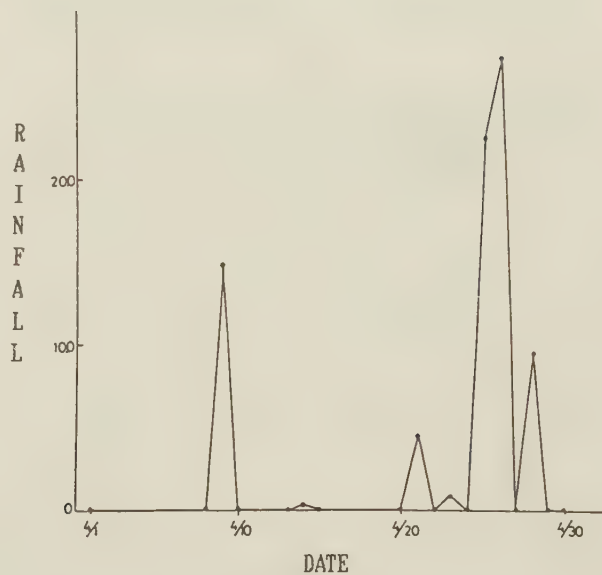


図2 和田と北京における日降水量の例 (1983年4月)
Fig.2 Example of daily rainfall in Hotan(●) and
in Peking(○) April, 1983

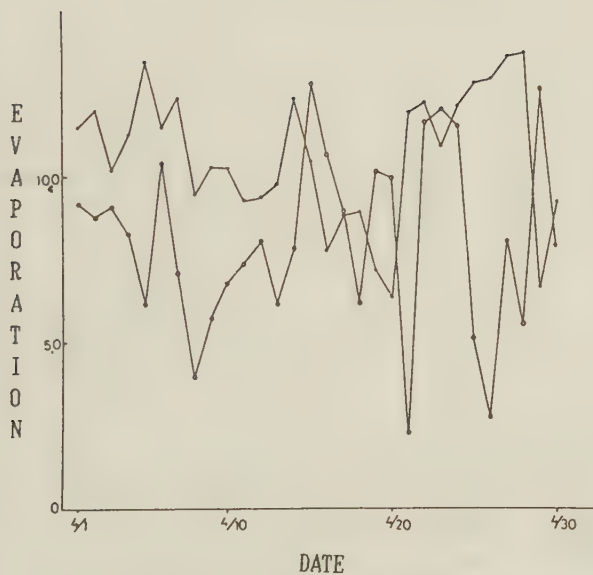


図3 和田と北京における日蒸発量の例 (1983年4月)
Fig.3 Example of daily evaporation in Hotan(●)
and in Peking(○) April, 1983

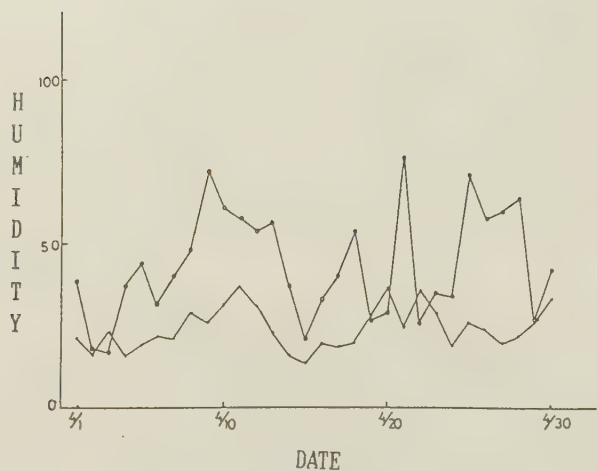


図4 和田と北京における湿度の例 (1983年4月)
Fig.4 Example of daily humidity in Hotan(●) and
in Peking(○) April,1983

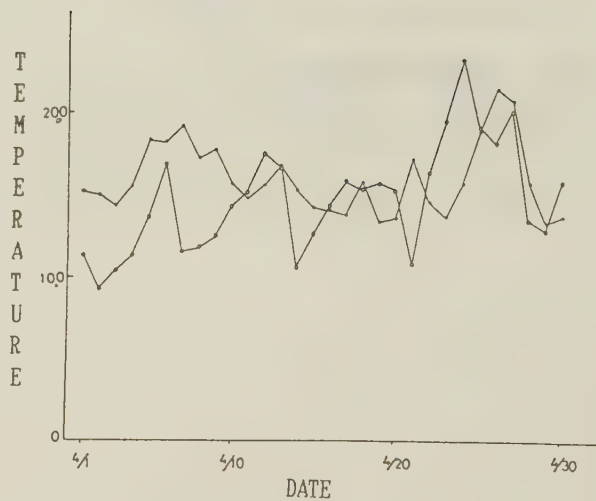


図5 和田と北京における気温の例 (1983年4月)
Fig.5 Example of daily temperature in Hotan(●)
and in Peking(○) April,1983

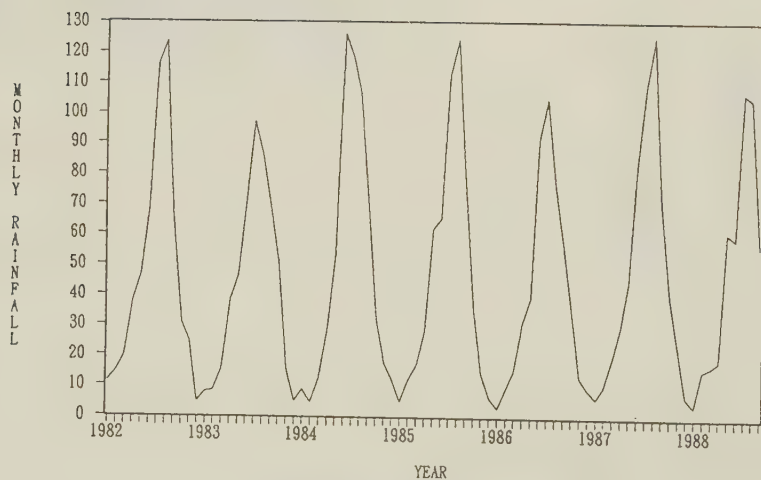


図6 中国全域における月降水量の季節変化
(1982年-1988年)

Fig.6 Seasonal change of monthly rainfall in
China from 1982 to 1988

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長期変動に関する観測・解析研究
Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

(5) 大気・海洋・陸面間の相互作用に関する解析的研究
Analytical study on Air-Sea-Land Interactions

① モンスーン降水系の解析

Analysis of Precipitation Systems in Asian Monsoon Region

気象庁気象研究所

田中 実、秋山 孝子、森 一正、和田 美鈴

Meteorological Research Institute

Japan Meteorological Agency

M.Tanaka, T.Akiyama, K.Mori, M.Wada

(Abstract) The purposes of this study are: Collect rainfall, surface, upper air, GMS and other data. Analyze precipitation systems in the Asian monsoon region. Create visual data of precipitation system using the personal computer and video.

The data for this study are collected from the published and exchanged materials with emphasis on the rainfall and GMS data. During third year of this study, daily rainfall data for India 511 stations (1975-84) were obtained. Daily rainfall data for Japan (1961-90) were processed. Using these and the data collected in previous year following analysis were carried out:

(1) Using the 5-day mean GMS data, the onset and retreat dates of the summer monsoon in East, Southeast Asia and western Pacific using 12-year climatology from 1978 to 1989 were analyzed. (FIG. 1 and 2)

(2) Videotape of the GMS IR images of a typhoon and the eruption clouds of Mt. Pinatubo over the Philippines were created using the data obtained during radar observations of the tropical cloud clusters.

(3) Analysis of the Baiu season in Japan using the daily rainfall in Japan showed that heavy rainfall ($>20\text{mm/day}$) during this season are centered over Kyusyu and also over Sanin toward the end of this season.

(4) Analysis of the structure of the precipitation systems in western Pacific during June 1991 radar observations by Keifu-Maru are conducted (FIG. 3).

Currently, we are planning to obtain the daily rainfall data for the Asian monsoon region. We are continuing the analysis of the precipitation systems in this region. These analysis are: Analysis of the interannual change of the GMS high cloud amount over the Asia-west Pacific region. Analysis of the precipitation systems in tropical western Pacific using the radar and GMS data.

1. 研究目的

本研究は、アジアモンスーン地域における降水量・GMS等の観測データの収集、モンスーン降水系の解析を行いアジア地域の気候変動予測技術向上を目指す。

2. 研究方法

- (1) 定常観測及びGMS・レーダー・降水量等のデータの収集を行う。
- (2) モンスーン地域における降水系の年々変動・季節変化・季節内変動及び構造の解析を行う。
- (3) パソコン・ビデオ等を使用した映像データの作成。

3. 研究成果

- (1) データの収集
インドにおける511地点の10年間(1975-84)の日降水量データをNCARから入手した。日本における約120地点の30年間(1961-1990年)の日降水量を整備した。
観測船啓風丸による熱帯太平洋のITCZ内のレーダー・高層・海上気象データを1991年6月を中心として収集した。
- (2) モンスーン降水系の解析
東アジア・東南アジア・西太平洋地域におけるGMS上層雲量による夏のモンスーンの開始から終了までの季節変化を解析した。(図1)(図2)
日本の梅雨期の日降水量の空間分布およびその時間変化の解析を行った。
梅雨期の強雨は九州地方が主体であり末期には山陰でも強雨(20mm/日)となることが数字の形で明らかになった。
モンスーン降水系の構造を1991年6月の啓風丸によるレーダー観測を中心として解析し、降水系の組織化を解析した。(図3)
- (3) パソコン・ビデオ等を利用した映像データの作成
1991年6月の啓風丸による熱帯太平洋のクラウドクラスター観測の監視中にSDUSデータでフィリピンに上陸した台風とピナツポ火山の噴煙をとらえたのでビデオテープ化した。

4・考察

これまでの調査により東南アジア地域におけるGMS上層雲量の季節変化や日本の雨期の特性、モンスーン降水系の構造等を解析した。今後はその他のモンスーン地域の解析や、より時間・空間的にきめ細かい解析が必要である。このため次のような調査・解析を行いたい。

(1) データの収集

月定常観測・月降水量データの収集。モンスーン地域における毎日の降水量の収集。GMS資料やレーダー等のデータの収集を行う。

(2) モンスーン降水系の解析

東南アジア・東アジア・西太平洋における夏のモンスーン季の年々変動をGMS上層雲量を利用して解析する。

熱帯太平洋の降水系の変動及び構造の解析を継続する。

インドネシア・オーストラリア地域のモンスーンの季節変化・季節内変動をGMS上層雲量を利用して解析する。

(3) 映像データの作成

上記のデータや解析結果のうち映像化に適したデータのパソコン・ビデオ等による映像化を継続する。

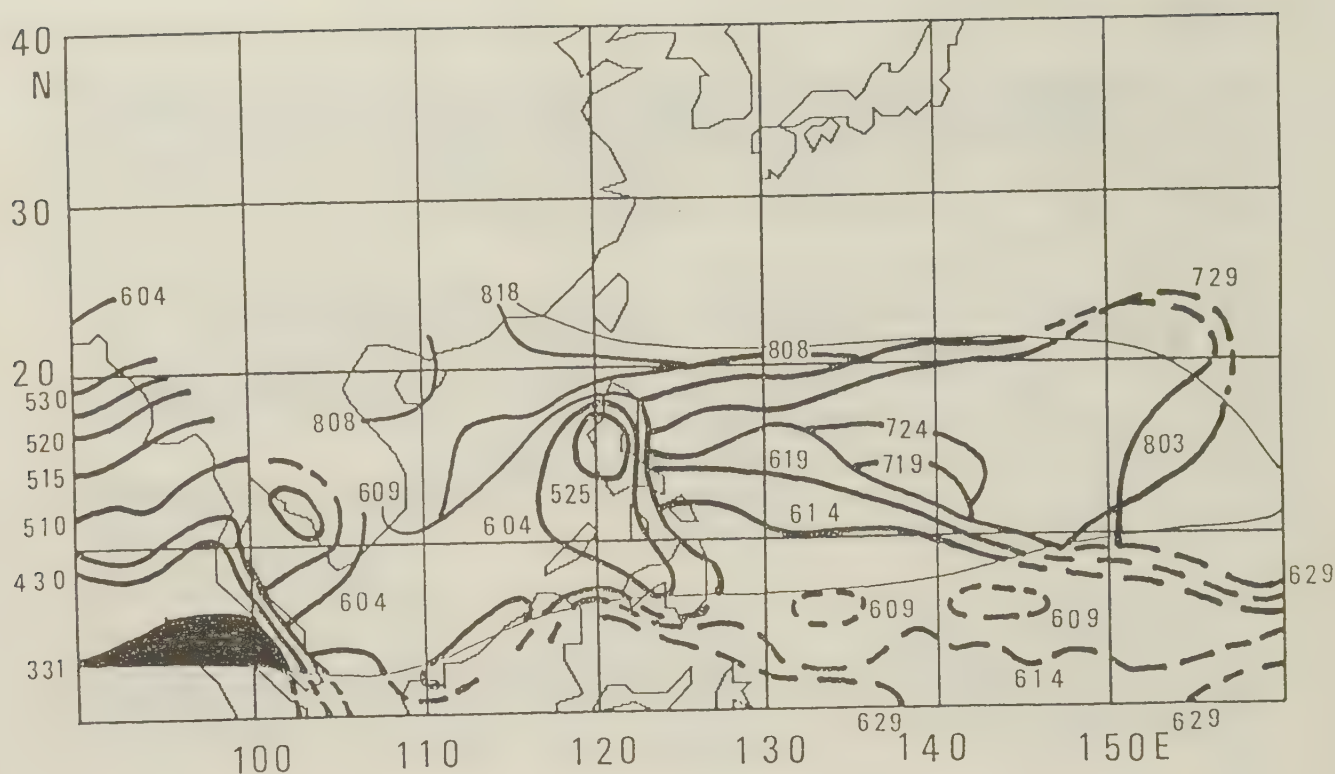


図1 5日平均GMS上層雲量の平年値によつて決定した熱帯モンスーンの開始日。細い線は雲量の年変化が20%以上のモンスーン地域。開始日は上層雲量が30%以上の最初の半旬。

FIG. 1 Onset dates defined by the threshold value of more than 30 percent of the 1978-89 mean high cloud amount for tropical (ITCZ related) monsoon season. The last day of each pentad is shown on the thick contour line defining the northern limit of the area where the mean onset dates are observed in a given pentad.

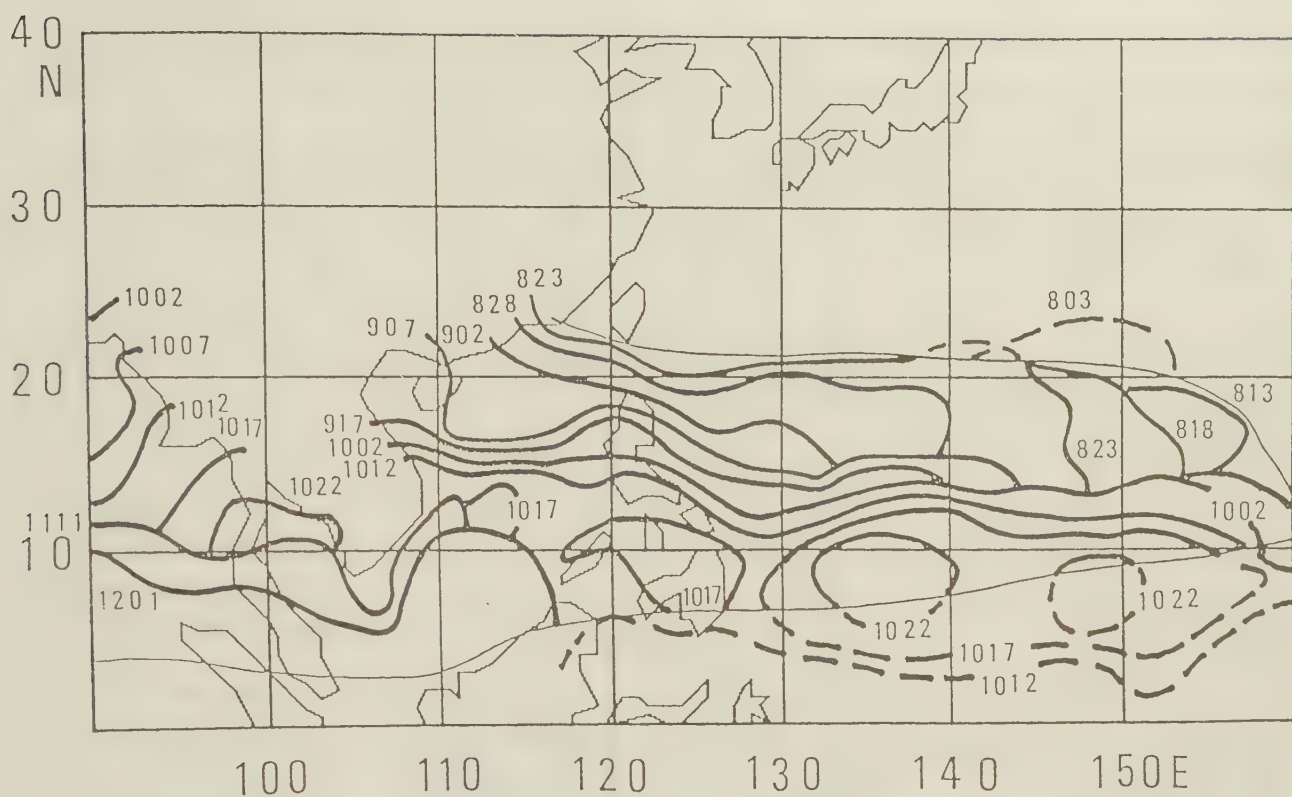


図2 図1と同じ、ただし熱帯モンスーンの終了日。

FIG. 2 Same as Fig. 1, but for retreat dates of the tropical monsoon.

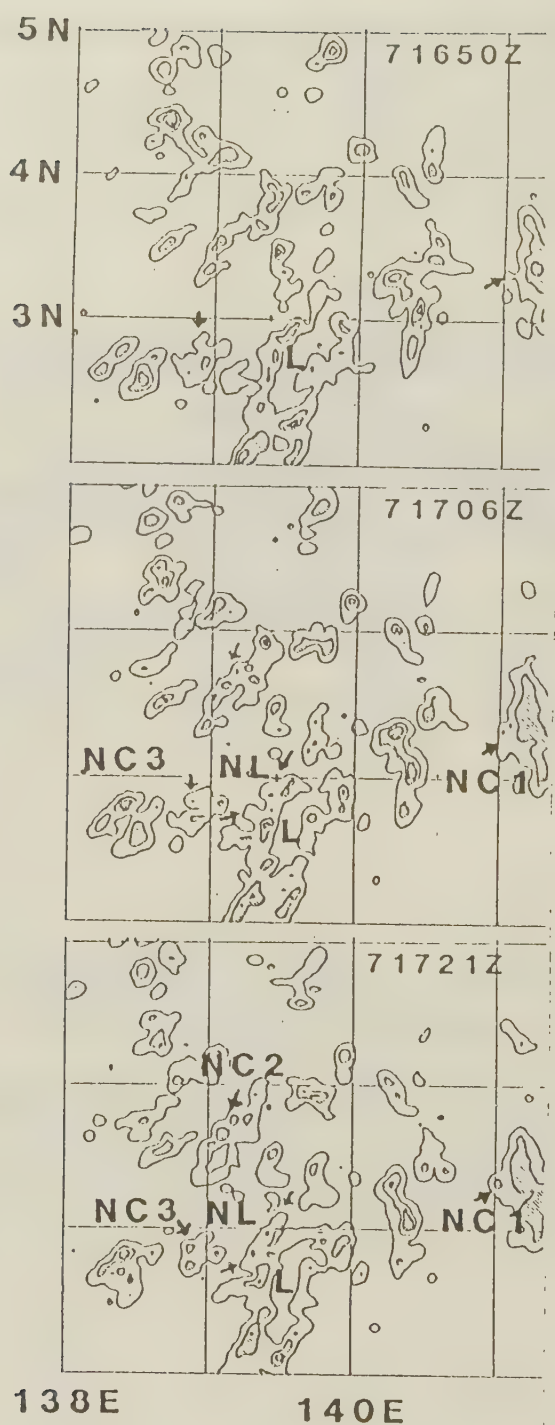


図3 1991年6月7日に観測されたクラウドクラスターのエコーの時間変化。発達段階では、既存の線状エコーの前面（西側）に新たなセル（図中NC1-NC3・NL）が発生していた。

FIG. 3 Time evolution of the cloud clusters observed by Keifu-Marui radar on 7 June 1991. During the developing stage, the new echoes (NC1-NC3, NL) developed to the west of the preexisting echoes.

6. 研究成果の発表

発表項目	発表者	発表年月	発表機関	掲載刊行物
GMS上層雲量による東南アジア地域におけるモンスーン開始の年々変動	田中 実	1990年 5月	日本気象学会	1990年春季 大会予稿集
レーダ、GMSデータを使ったメソスケール熱帯擾乱の解析	森一正 丸山健人	1990年 5月	日本気象学会	1990年春季 大会予稿集
降水日の継続性からみた梅雨期と秋雨期の比較	秋山孝子	1990年 5月	日本気象学会	1990年春季 大会予稿集
西部熱帯太平洋上のクラウドクラスターのレーダー観測	森一正 飛田良 田中 実 丸山健人 本多庸浩	1990年 10月	日本気象学会	1990年秋季 大会予稿集
熱帯西部太平洋における大規模じょう乱の解析 (I I)	田中 実	1990年 10月	日本気象学会	1990年秋季 大会予稿集
GMS上層雲量によるアジア・西太平洋上における夏のモンスーン季の季節変化	田中 実	1991年 5月	日本気象学会	1991年春季 大会予稿集
西部熱帯太平洋域における、1990年11月1991年1月のクラウドクラスターのレーダー観測ー凌風丸レーダーを使つてー	森一正 加藤 徹 田中 実 丸山健人 本田庸浩	1991年 5月	日本気象学会	1991年春季 大会予稿集
GMS赤外面像でとらえたピナツポ火山の噴煙	田中 実	1991年 10月	日本気象学会	1991年秋季 大会予稿集

発表項目	発表者	発表年月	発表機関	掲載刊行物
GMS上層雲量によ インドネシア・オー ストラリアにおける モンスーンの季節変 化	田中 実	1991年 10月	日本気象学会	1991年秋季 大会予稿集
梅雨期の日降水量分 布の特徴	秋山孝子	1991年 10月	日本気象学会	1991年秋季 大会予稿集
降水日の継続性から みた梅雨期と秋雨期 の比較 その2 降 水域の空間変動	秋山孝子	1991年 10月	日本気象学会	1991年秋季 大会予稿集
Internal structure and time evolution of cloud clusters in the western tropical Pacific region observed by Keifu-Maru	Mori.K R.Tobita	1991年 12月	メソ気象学と TAMEXに関する 国際集会	Proceedings of Internat- ional Conf- erence on Mesoscale Meteorology and TAMEX
(論文) Intraseasonal Oscillation and the onset and retreat dates of the summer monsoon over East,Southeast Asia and the West- ern Pacific region using GMS high cloud amount data	Tanaka Minoru	1992年 2月	日本気象学会	気象集誌 Vol.70, 483-499.

I. 大気を媒体とした海陸相互作用及び長期変動に関する観測・解析研究
Study on Air-Sea-Land Interactions and their Long Term Variations

(5) 大気・海洋・陸面間の相互作用に関する解析的研究

Analytical study on Air-Sea-Land Interactions

② モンスーン循環系の総合的解析

Comprehensive Analysis of Asian Monsoon Circulation System

気象庁予報部

長期予報課

露木 義、前田修平、工藤達也

Long-Range Forecast Division

Forecast Department

Japan Meteorological Agency

T.Tsuyuki, S.Maeda, T.Kudo

(Abstract) The Asian Monsoon Circulation shows variations on time scales from several ten days to several years and has a significant influence on Japan and world weather through the global atmospheric circulation.

The purposes of this study are to clarify long-range variations of Monsoon Circulation and to assess the influence on Japan and world weather by analysis of upper air data, surface data, satellite data, marine data and snow cover data.

In this paper, a quantitative analysis of the vorticity forcing which influences the global circulation is presented. In this analysis, the relationship between anomaly of the seasonal mean flow and the forcing is investigated using daily data of 200mb global objective analysis.

Results are as follows

(1) It is found that the linear relationship between the anomaly of the seasonal mean rotational flow and the anomaly of the forcing holds quite well.

(2) Using this linear relationship, the contribution of transient forcing to maintain the anomaly of the seasonal mean flow is estimated.

1. 研究目的

アジアモンスーン循環は、数十日～数年の長期変動をしており、大気大循環や世界・日本の天候に大きな影響を与えている。本研究は、高層・地上観測データ、海洋データ、陸面データを総合的に解析することにより、モンスーン循環の長期変動の実態と変動機構を明らかにするとともに、大気大循環や日本・世界の天候に及ぼす影響の評価を行う。

なお、本研究は平成3年度から研究開始となった。

2. 研究方法

平成3年度は、大気大循環に影響を与える強制力の定量的解析を行った。

大気の流れを表す渦度方程式の残差項から強制力を定義し、200mb流線関数の季節平均場の偏差に対して、定義した強制力の偏差や非定常成分による強制力の偏差が定量的にどのような関係にあるかを調べ、季節平均場の偏差を維持する要因の1つである非定常成分の強制力の寄与を算出した。

用いたデータは、1979年～1990年における毎日（12 U T C）の全球客観解析値（1987年までは E C M W F、それ以降は J M A）である。

気圧座標系の渦度方程式は

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \mathbf{V}_\psi \cdot \nabla (f + \zeta) = S \quad \dots \dots \dots (1)$$

但し、Sは強制力であり、次のように定義する。

$$S = -\nabla \cdot (f + \zeta) \mathbf{V}_x + V + F \quad , \quad \mathbf{V}_x \text{ は発散風}$$

ここで、Vは渦度の鉛直移流と立ち上がり項、Fは拡散などの散逸項である。
上式の時間平均をとると、次のようになる。

$$\frac{\partial \overline{\zeta}}{\partial t} + \overline{\mathbf{V}_\psi} \cdot \nabla (f + \overline{\zeta}) = \overline{S} - \nabla \cdot \overline{\zeta' \mathbf{V}_\psi'} \quad \dots \dots \dots (2)$$

($\overline{\quad}$) は ($\quad$) の時間平均を表し（ここでは季節平均値を示す）、
相対渦度と非発散風は流線関数ψにより

$$\zeta = \nabla^2 \psi, \quad \mathbf{V}_\psi = \kappa \times \nabla \psi,$$

と表せる。fはコリオリ・パラメーター、κは鉛直上向きベクトルである。

(2) 式の右辺の第1項は時間平均した強制力であり、第2項は渦度の偏差の非発散風の偏差による移流の効果を表していて非定常成分の強制力と呼ぶ。

($\quad$)' は ($\quad$) の時間平均（季節平均）からの偏差を表す。

Sは(1)式から日々の値を求め、非定常成分の強制力も日々の客観解析値から求められる。

次に(2)式を偏差場（平年値からのずれ）について線形化すると、

$$[\overline{\mathbf{V}_\psi}] \cdot \nabla \overline{\zeta}^* + \nabla (f + [\overline{\zeta}]) \cdot \overline{\mathbf{V}_\psi}^* = (\overline{S} - \nabla \cdot \overline{\zeta' \mathbf{V}_\psi'})^* \quad \dots \dots (3)$$

となる。ここで右辺は強制力と非定常成分の強制力を合わせたものであり、これを全強制力と呼ぶことにする。

(3)式から右辺の全強制力の偏差を与えて、そのときの線形解（全強制力に対する線形応答）から流線関数の偏差を計算できる。

[($\quad$)] は ($\quad$) の12年（1979～1990年）平均、($\quad$)*はそれからの偏差を表す。

実際に線形応答を求めるときは、時定数5日の摩擦を入れている。

全強制力に対する線形応答から求めた流線関数の偏差は、客観解析から直接求めた流線関数の偏差を良く再現しており、流線関数の季節平均偏差場と全強制力の偏差との関係が線

形論によって扱えることがわかる。これは、強制力の偏差および非定常成分の強制力の偏差の各々に対する線形応答の重ね合わせとして流線関数の季節平均偏差場が求まることである。

流線関数の季節平均偏差場を維持する要因のなかで、非定常成分の強制力 (TRANSIENT FORCING) の寄与が線形応答から定量的に見積もる事ができた。

3. 研究成果

1979年～1990年における毎日 (12 UTC) の全球客観解析値から 200mbにおける強制力の解析を行い、200mb流線関数の季節平均場の偏差が維持する要因について調べた。季節平均場の偏差は前項で定義した全強制力の偏差を与えた場合の線形応答として解釈する事ができる事が解った。

また、この線形性を利用すると非定常成分の強制力 (渦度の偏差の非発散風の偏差による移流効果) の偏差に対する線形応答が計算できる。

この線形応答の計算結果から 200mbの流線関数の季節平均偏差場を維持する要因の一つである非定常成分の強制力の寄与を定量的に見積もる事ができた。

4. 考察

強制力 S は (1) 式から、非定常成分の強制力も流線関数から求めているので、今回の解析では、客観解析から求まる速度ポテンシャル等発散に関するデータは使用していない。発散等の解析精度が十分なものであれば、強制力のなかで発散に関する部分を直接評価する事が可能であるが、これについては今後の課題である。

5. 引用文献

Hoskins, B. j., H. H. Hsu, I. N. James, M. Masutani, P. D. Sardeshmukh and G. H.

White, 1989: Diagnostics of the global atmospheric circulation based on ECMWF analyses 1979-1989. WMO/TD-No. 326 WCRP-27

Hoskins, B. j., and P. D. Sardeshmukh, 1978: Transient eddies and the seasonal mean rotational flow. J. Atmos. Sci., 44, 328-338

Lau, N-C. and E. O. Holopainen, 1984: Transient eddy forcing of the time mean flow as identified by geopotential tendencies. J. Atmos. Sci., 41, 313-328

6. 成果の発表

露木 義, (渦度収支から求まる強制力の解析), 平成3年度全国長期予報技術検討会資料, 気象庁予報部, P112, 1992

7. 関係国との協力

なし

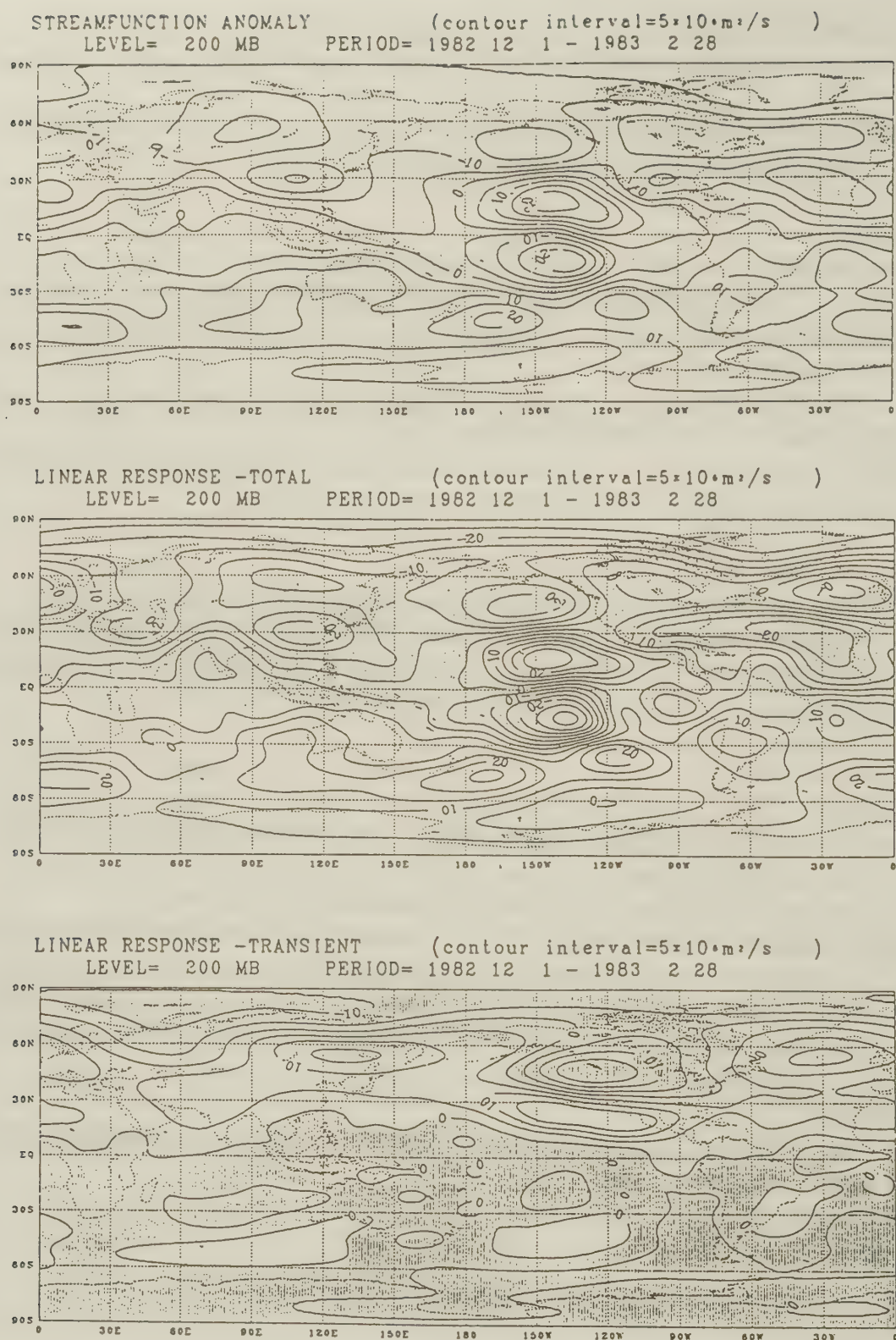


図1 1982/1983年冬平均の200mb流線関数偏差の解析値(上)、全強制力の偏差に対する定常線形応答(中)、及び非定常成分による強制力の偏差に対する定常線形応答(下)。
 FIG 1 Analyses of 200mb seasonal mean streamfunction anomaly in winter(1982/1983)(TOP), stationary linear response to total forcing anomaly(middle), stationary linear response to transient forcing anomaly (bottom).

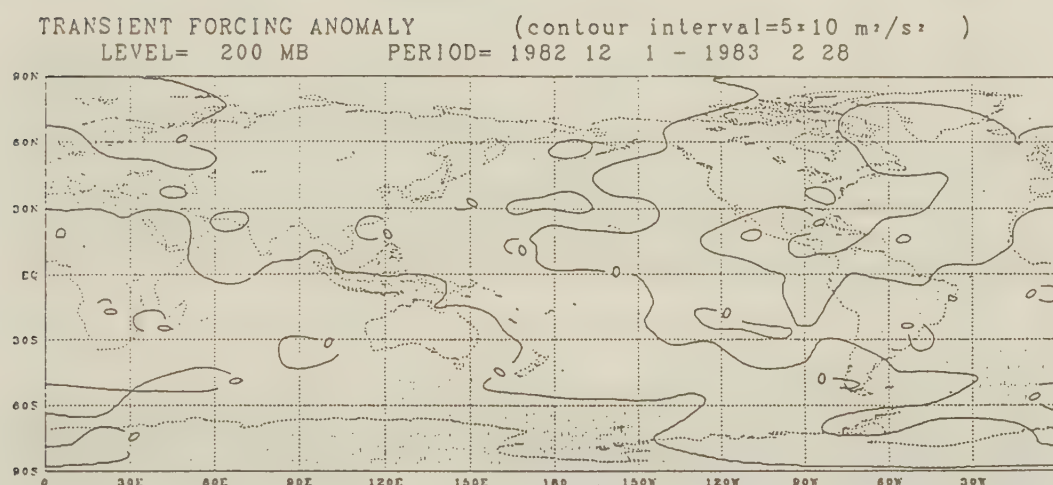
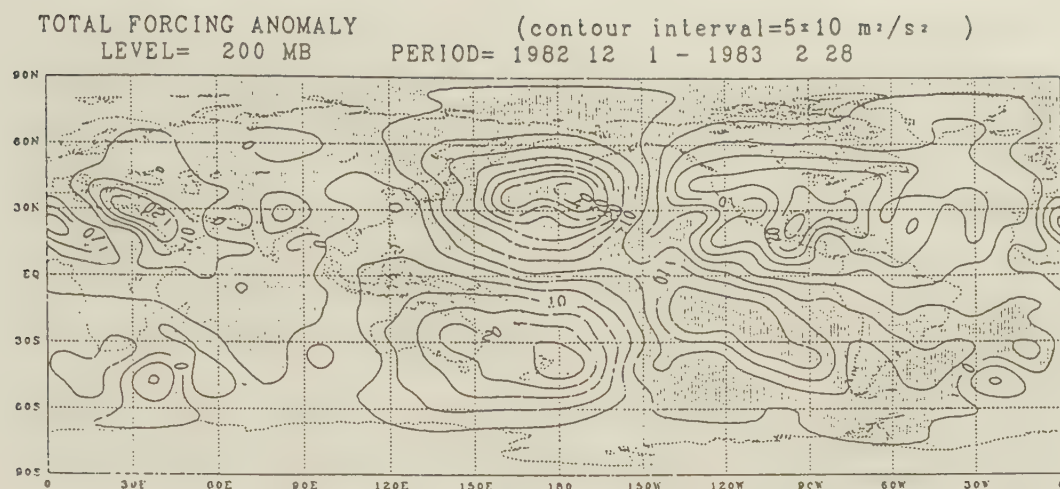
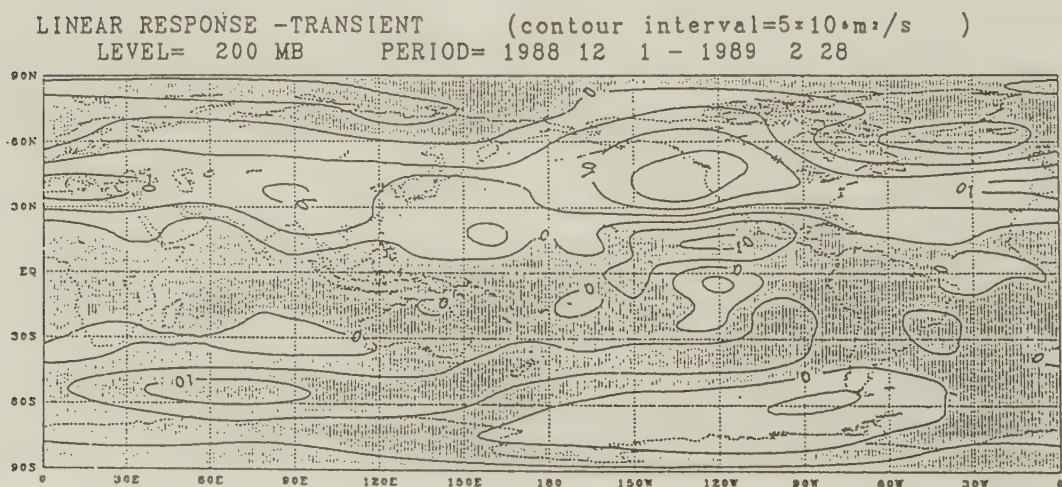
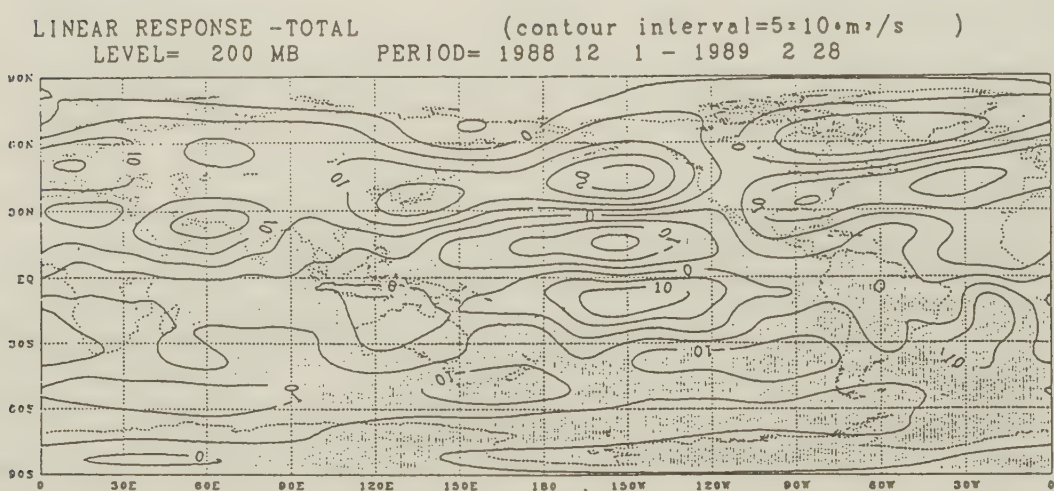
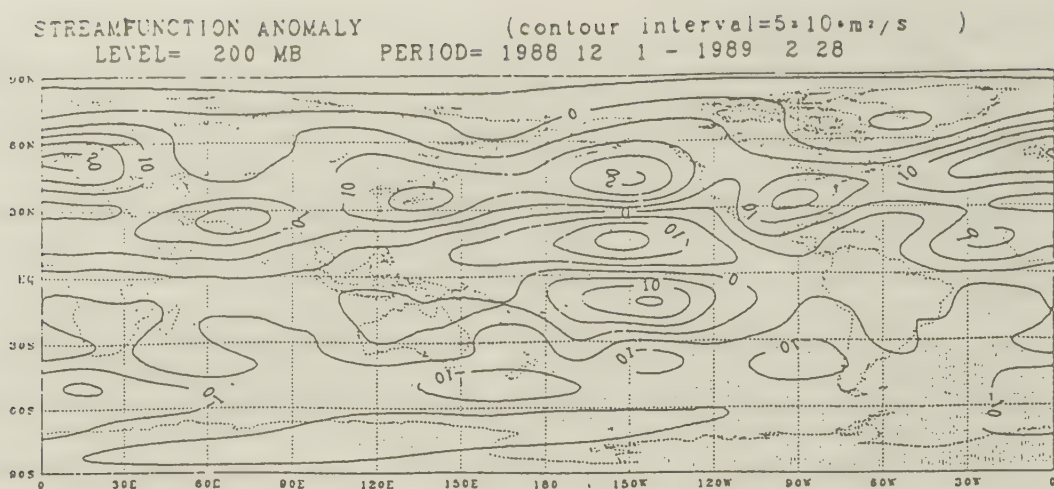


図2 1982/1983年冬平均の200mb流線関数に対する全強制力の偏差(上)及び非定常成分による強制力の偏差(下)。

FIG 2 Total forcing anomaly (TOP) and transient forcing anomaly (bottom) for streamfunction in winter(1982/1983).



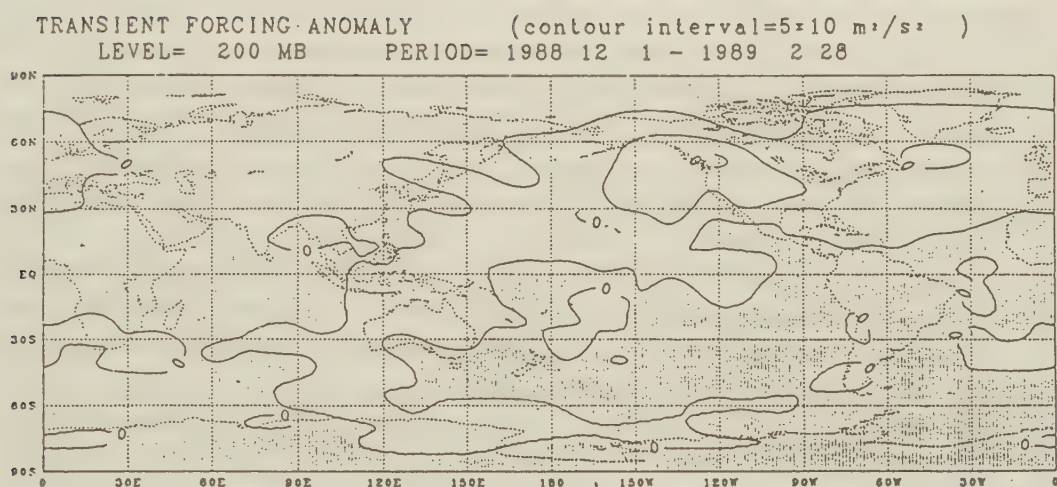
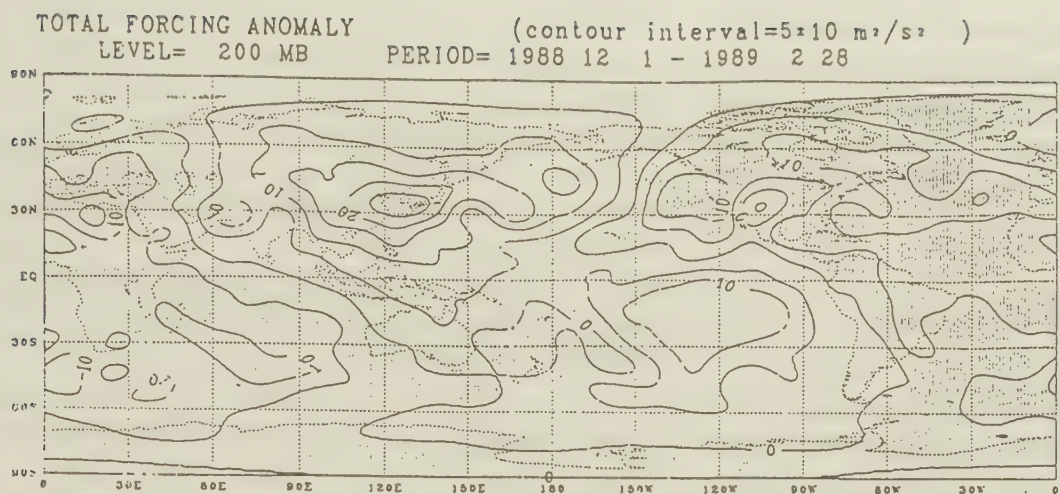


図 4 図 2 と同様。ただし、(1988/1989 年) 冬の例。
 FIG 4 Same as Fig .2 except for winter(1988/1989).

II. 数値モデルによる実験研究

Development/Experiment on Numerical Models

1. 広域水収支モデルの開発に関する研究

Numerical Study on Regional Water Balance Model in Asia

科学技術庁防災科学技術研究所

中根 和郎, 幾志 新吉

National Research Institute for Earth Science and
Disaster Prevention, Science and Technology Agency.

K. Nakane, S. Kishi

(Abstract) The numerical model of the regional water balance for assessing the variations of water resources and the water contents in the soil due to the fluctuation of Asian monsoon activity, is necessary. The general circulation model for numerical prediction of atmospheric flows includes hydrological processes on the land surface and it calculates global evaporation and water contents in the soil as well as precipitation. Though, the hydrological processes in the model are too simplified and the resolution of the calculation is 2° to 5° . For assessing the variations of regional water resources and regional water contents in the top-soil, the more accurate model is required. The purpose of this study is to develop the model of the regional water balance which can simulate various regional hydrological aspects, such as surface runoff, water contents in the top-soil, storage of water in the area, water equivalent of snowpack and snowmelt, evapotranspiration etc., in the Asian continent affected by Asian monsoon. The resolution of the model will be decided as a grid area with 50 to 500 km^2 . The model will be made based on Tank Model. The model is composed of 4 submodels, such as a discharge submodel, an evapotranspiration submodel, a submodel of snowpack and snowmelt, and a precipitation submodel. The discharge submodel is composed of many tank models applied to a grid area and a river in the simplified river system. The evapotranspiration submodel, which calculates the evapotranspiration in a grid area, will contain the modeling of the effects of dryness in the top-soil and seasonal change of vegetation on evapotranspiration. The snowpack and snowmelt submodel calculates water equivalent of snowpack and snowmelt in a grid area using precipitation data, daily temperature and some local factors related to humidity, wind and geography. The precipitation submodel calculates the areal precipitation in a grid area using rain gage data and some local factors related to geography. Through the study of this fiscal year, the following results are obtained ;

(1) Field Tank Model of the regional water balance model have been improved for simulating more accurate actual evapotranspiration during the dry season in toropical monsoon area. In previous year, it had been indicated that in proportion to the decrease of annual precipitation, annual evaporation measured by a pan increase and conversely, actual evapotranspiration decrease. This reason seem to be come from that actual evapotranspiration are controled depending on decrease of soil moisiture in the top-soil. Therefore, this function are added to Field Tank Model. As a result, simulations using this model become to give reasonable results.

(2) Parameters in the regional water balance model are derived by meams of try and errors for simulating hydrological variables in Chaopraya river basin, where the area is 110 thousand km^2 . Simulations also give reasonable results.

(3) According to simulations, it is found that the rainfall amount in the mountainous area of north-east in Chaopraya river basin seem to be 1.5 to 2.5 times of that in the plain area near the river during July to September, when summer monsoon become active. This is the important phenomenon for making mesh data of rainfall especially in the area of sparse rain gaging stations, where these stations are mostly located in the plain area near the river.

1. 研究目的

高温、多雨、少雨などの異常気象が増加し、世界の気温が昇温傾向にある現在、気候変動やそれによってもたらされる水資源の変動等に対する関心が益々高まっている。この問題に対して大気大循環モデルは気温の上昇、降水量や土壌水分の変化等の将来予測に有用とみられている。しかし、未だ地表の水文過程等のモデル化が不十分である。また、全球を計算しているため、地表の分解能は低緯度地域において約4～25万 km^2 であり、地域の水資源、植生と結び付いたより高い計算密度であることが望まれる。そこで、本研究は広域にわたるアジアモンスーン地域を対象として、降水、積雪・融雪、蒸発散、河川流出等の水文過程を的確にモデル化し、「広域環境条件が広域の水収支に及ぼす影響」及び「モンスーンの変動特に、降水量変動が広域環境条件に与える影響」を50～500 km^2 の計算密度で詳しく評価できる広域の水収支モデルを開発することを目的としている。

2. 研究方法

本研究で開発する広域水収支モデルは広域の地表をメッシュ分割し、降水量、気温等から任意の地域の河川流量、水の流域貯留量（土壌水分量、地下水量など）、実蒸発散量等を計算するモデルであり、流域を単位とした既存の水収支モデル特に、タンクモデルを応用してモデルの開発を行う。この広域水収支モデルは流出量サブモデル、蒸発散量サブモデル、積雪・融雪サブモデル、降水量サブモデルの4つのサブモデルから構成し、最も基本的な部分である流出量サブモデルからモデルの開発・検証実験を順次行う。この場合、数少ない地表観測データの他に衛星データから得られる地表状態も有用な情報となるので積極的に衛星データの有効利用も考慮してモデルの開発を行うこととした。本年度は昨年度に引き続き、タイのチャオプラヤ川の中・上流流域において、流出量サブモデルの検証実験を行った。なお、モデル開発・改良は図1に示す手順で行った。

3. 研究成果

タイのチャオプラヤ川の中・上流流域はアジアモンスーン地域の代表的な地域の一つであり、明瞭な乾期と雨期のある熱帯域に位置する。流域は4つの主要支川からなり、流域面積は約11万 km^2 である。雨量、流量データの解析結果に基づく、年間の雨量は900～1,300mm、河川の流出高は150～300mmであり、この差を流域からの蒸発散量と考えると年間750～1,000mmになる。したがって、降雨量の80～90%が蒸発散により大気中に散逸することになる。図2はP19A観測点（流域面積14,023 km^2 ）より上流域における流域平均の降雨量と河川の流出高の5年間の月変化を示したものである。この図において斜線の部分がほぼ流域からの蒸発散量に相当する。このことから分かるように、この地域における水収支モデルにとって最も重要となるのが蒸発散のモデ

ル化である。そこで、先ず開発した流出量サブモデルを用いて、この流域に適したモデルのパラメータを試行錯誤により求め、続いて実蒸発散量を推定するための土壌水分構造の検討を行った。モデルの開発には雨量、蒸発量の面的なメッシュデータが必要となるが、ここでは、簡易にメッシュ周辺にある観測点データ（1～3箇所）をウェイト付けして求めた。図3に検証流域のメッシュ分割状況を示す。メッシュ間隔は緯度、経度方向共に0.5度とした。図中には使用した雨量、流量、蒸発皿の蒸発量の観測地点も示している。図4に適切なモデルのパラメータを設定した場合の河川流出高試算の事例を示す。このモデルには実蒸発散量を推算するモデルが含まれており、このモデルは菅原の土壌水分構造に、一次の土壌水分の相対湿度が小さくなるに伴って実蒸発散量が更に抑制される効果を付加したものになっている。このモデルの感度試験を行った結果、明瞭な乾期と雨期のある熱帯域に適合するモデルであることが分かった。図5にこのモデルの概略を示す。

4. 考 察

考案した流出量サブモデルを用いて、流域面積11万km²のタイ国のチャオプラヤ川流域において検証実験を行った。その結果、全体的に、明瞭な乾期と雨期のある熱帯域に適合するモデルであることが分かった。細部については簡易のメッシュデータの作成方法等に問題点があるため、詳しい評価はできない。しかし今後、降雨量サブモデル及び蒸発散量サブモデルを開発することにより評価が可能になると考えられる。今回の検証実験で明かとなった他の特徴は、流域の東北部の山地の雨量がモンスーンの最盛期には川沿いの平地で観測されている雨量の1.5～2.6倍にも達すると推測されたことである。例えば、図6はN1地点の河川流出高を試算したものであり、ケース1は平地の雨量をウェイト付けして山地のメッシュ雨量を求めた場合の試算結果、ケース2は平地の雨量を7月、8月及び9月のみ、それぞれ2倍、2.6倍及び1.5倍とし、それらをウェイト付けして山地のメッシュ雨量を求めた場合の試算事例である。このことから分かるように、雨量観測点が疎らで且つ平地に展開されているような地域ではモンスーンの最盛期の山地雨量を適切に推定する必要がある。このことは降雨量サブモデルを開発するに当たって考慮しなければならない点である。

5. 引用文献 なし

6. 成果の発表 なし

7. 関係国との協力

中国水利部遙感技術応用中心の研究者2名を当研究所に招聘し、中国の淮河流域の水収支解析に着手するため、MOS-1 MESSRデータを用いて淮河流域状況の調査を行った。

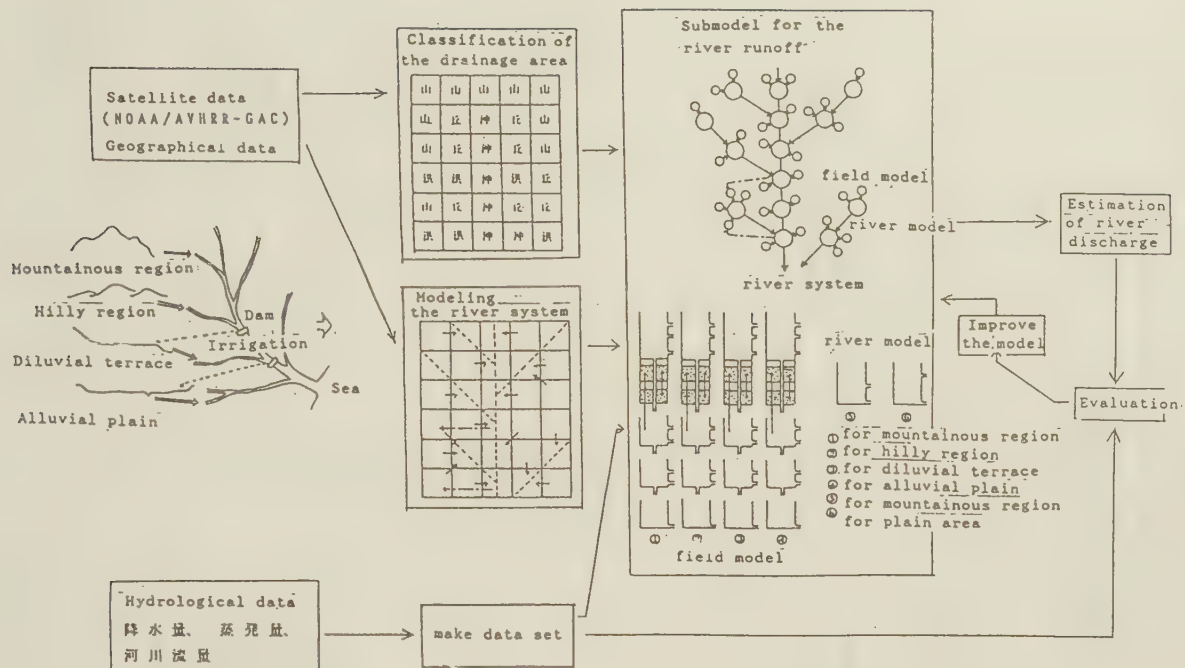


図1 広域水収支モデルの開発手順
Fig.1 Procedure for developing the regional water balance model.

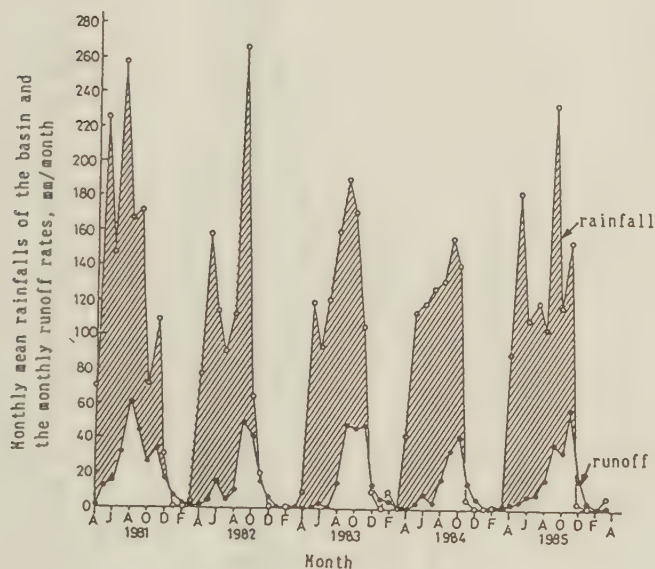


図2 P19A観測点における流域平均降雨量と流出高の月変化
Fig.2 Changes of mean monthly rainfalls in the upper basin of P19A streamflow rating station and monthly runoff rates at this station.

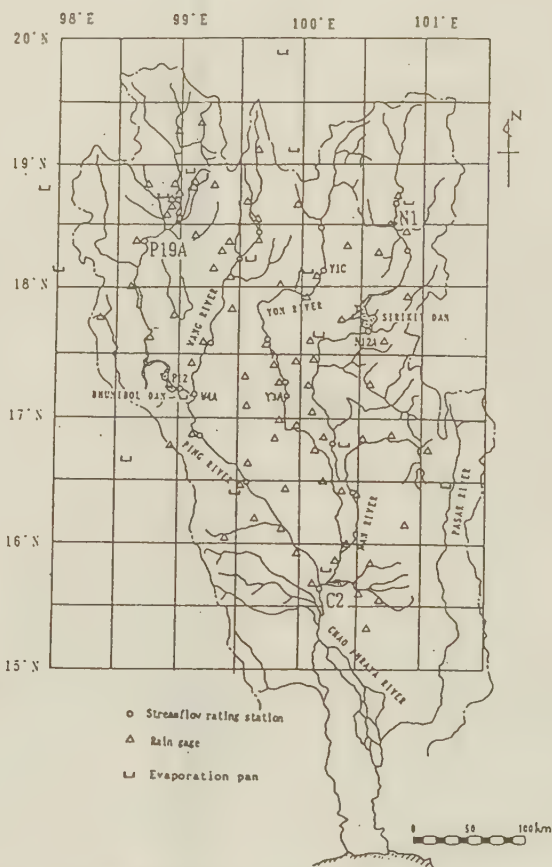


図3 広域水収支モデルの検証流域
Fig.3 Test area for running the regional water balance model, where the mesh for calculation is 0.5 degree in both latitude and longitude.

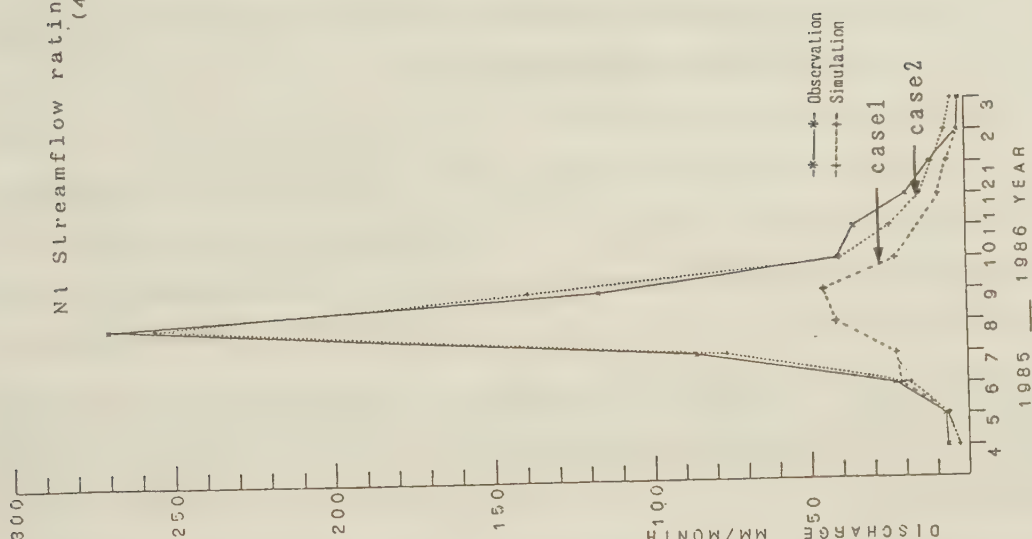


図6 山地の降雨量が異なった場合のN1地点
の河川流出高試算結果の比較

Fig.6 Comparison of simulations at N1
streamflow rating station in case of
different rainfall amounts in the
mountainous area.

(1) Calculation of actual evapotranspiration.

- if $XA \geq S1$ then $E_a = E_p$
- if $XA < S1$
further if $R \geq E_p$ then $E_a = E_p$
if $R < E_p$ then $E_a = R + (E_p - R) * XA / S1$

Where, E_a is actual evapotranspiration, E_p is potential evapotranspiration, R is rainfall amount, $S1$ and $S2$ are a saturation capacity in first and second soil layer respectively, XP and XS are water content in first and second soil layer respectively, and XA is water storage in the top tank and water content in the first soil layer.

XP is calculate follows:

If $XA \geq S1$ then $XP = S1$, if $XA < S1$ then $XP = XA$.

(2) Calculation for soil moisture in both first and

second soil layer.

- $V1 = K1 * (1 - XP / S1)$
- $V2 = K2 * (XP / S1 - XS / S2)$
- $XS = XS + V2$
- $XP = XP + V1$

Where, $V2$ is movement of soil-water from first soil layer to second soil layer, $V1$ is movement of ground water from second tank to first soil layer, $K1$ and $K2$ are constants.

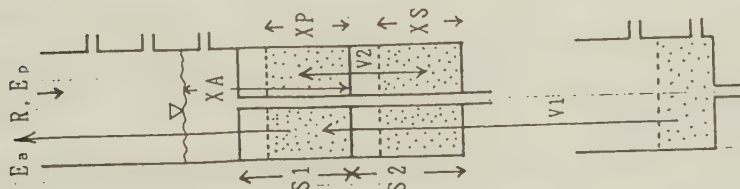


図5 土壌水分構造

Fig.5 Structure for soil moisture in the
top-soil of the field tank model.

II. 数値モデルによる実験的研究

Theoretical/Experimental Study by Numerical Simulations

(2) 季節内変動とアジアモンスーンの関連に関する実験的研究

Numerical Study concerning Relationships between the Intraseasonal Oscillations in the Tropics and the Asian Monsoon Phenomena

気象庁気象研究所

二階堂義信、杉 正人、木田 秀次

Meteorological Research Institute,

Japan Meteorological Agency

Y. Nikaidou, M. Sugi, H. Kida

(Abstract) The purpose of this study is to understand the mechanism of the intraseasonal variations of the Asian summer monsoon by means of numerical experiments with global models. An emphasis is placed on the relationship with the tropical 30 - 60 day oscillations.

Following a 7-month integration of our global spectral model T63L21 (horizontal grid interval : 180km, 21 vertical levels) with the climatological sea surface temperature (SST) in the previous year, we performed two kinds of 6-month integrations (April - September) of the model with the observed SST in 1987 and 1988 to investigate impacts of SST anomaly on the model's climate. We choosed 1987 and 1988 for the experimental years because of the following reasons. The SST anomaly over the tropical Pacific Ocean was entirely reversed between 1987 and 1988 and the reversal of the SST anomaly caused significant changes of the Asian summer monsoon. In 1987 (El-Nino year) summer, the Indian monsoon was inactive but there was heavy rain over the South China. On the other hand, the Indian monsoon was very active and drought occurred over the South China in 1988 (La-Nina year) summer. The southern oscillation index (SOI) was changed from negative (-1.7 : August 1987) to positive (+1.4 : August 1988).

The 6-month integration with SST in 1987 and that with SST in 1988, which are referred to as EN run and LN run respectively, simulated such typical Asian monsoon phenomena as the onset of Indian monsoon and the Baiu front very well. The east-west contrast of sea level pressure anomaly over the tropical Pacific Ocean between EN run and LN run agreed with the observed SOI change. However, EN run predicted too much rain over India to simulate the drought in India in 1987 (Figure 5). As for the intraseasonal variations of the Indian monsoon, both EN run and LN run didn't show northward migrations of precipitation areas from the equatorial Indian Ocean in contrast with the observational facts (Figure 6). Incomplete predictions of the intraseasonal variations were also found in the wind field on the equator (Figure 8). Judging from the systematic error of the model in predicting velocity potential on the 200hPa surface (Figure 12), the failure in simulating the intraseasonal variations in the tropics by the model is supposed to be caused by the wrong cumulus parameterization of the model.

As for researches by means of a low-resolution model (T21L12) with simplified ground surface conditions, we performed 6-month integrations with a land-ocean distribution of zonal wave number 2 and large-scale plateaux of three kinds of heights (0, 1000, 3000m) in the subtropics, and we analyzed the last 30-day predictions. We found downward flows from the upper troposphere to the lower troposphere over the areas from the eastern feet of the plateaux to the east

coasts of the continents in all the integrations except for that without plateaux (Figure 10), and the areas were covered by subtropical highs in the lower troposphere at their western sides. The downward flows can be also observed in the real atmosphere over the East Asia (east of the Tibetan Plateau) and the Midwest of the United States (east of the Rocky Mountains) in summer. The simulated subtropical highs were locally intensified over the areas of the downward flows, especially in the integration with the plateaux of 3000m height. We analyzed heat and vorticity budget of the integration around the downward flows to make clear the mechanisms of the intensification of the subtropical high. In the middle troposphere, relatively cool easterly wind from the ocean blows toward warm air in the east side of the plateau, where the downward flow is maintained to compensate the horizontal cold advection. The downward motion stretches a vortex tube there. The stretch of the vortex tube cause a strong southerly wind at the east foot of the plateau on account of the β effect. Then, the strong southerly wind not only drive the local anticyclonic circulation at the western edge of the subtropical high but also plays a role of a barrier to decelerate the easterly wind toward the plateau. We found that the local intensification of the subtropical high at its western edge was caused by the heating of the atmosphere in the upper troposphere over the plateau and the dynamical effect of the plateau as a barrier in the lower troposphere.

1. 研究目的

夏のアジアモンスーンは年々の変化が大きいばかりでなく、インドモンスーンのオンセット・ブレイクに見られるように、季節の中にも大きな変動が見られる。この変動に対して熱帯の30～60日周期変動との関連が観測から示唆されているが、両者を結び付けるメカニズムに関しては未だ明らかではない。アジアモンスーンが南アジアの社会に及ぼす影響が大きいにもかかわらず未解明な部分が多いのは、現象の発生する地域の大半がインド洋や西部熱帯太平洋上にあり、観測データの取得がはなはだ困難なためである。

本研究では、全球の数値予報モデルを用いてアジアモンスーンの数値シミュレーションを行ない、夏のアジアモンスーンと熱帯の季節内変動の相互関係を、数値実験的手法によって解明していくことを目的とする。

2. 研究方法

高分解能モデルによる実験では、昨年度の研究に用いた全球スペクトルモデルT63L21（三角波数切断、最大波数63、水平分解能約180km相当、鉛直21層）を使って、モデルの気候再現性と海面水温偏差に対するインパクトを調べるため、熱帯太平洋の海面水温偏差の東西コントラストが完全に逆転し地球規模で気候に大きな影響が現われた1987年（エル・ニーニョ年）と1988年（反エル・ニーニョ年）の海面水温偏差を気候値の海面水温に与え、同一の初期値（気象庁数値予報課で行なった1988年10月31日を初期値とする14ヶ月積分の1989年4月30日の予報値）から出発して6ヶ月積分を実施して両者（以下では前者をENラン、後者をLNランと呼ぶ）の月平均場での気候再現性と熱帯地域での季節内変動現象を比較した。

一方、低分解能（最大波数21、水平分解能約550km、鉛直12層）で海陸分布を単純化させた全球モデルによる実験では、昨年度の研究で亜熱帯の緯度帯にある大陸中央部の大規模山岳が夏半球の亜熱帯高気圧の西端部（大陸東岸地方）を強化することが判明したので、そのメカニズムを探るために、海陸の東西波数2の分布をし、緯度30度付近を中心とした亜熱帯の緯度帯の大陸中央部に高度3000mの高原状の大規模山岳を

仮定した地表面条件で、7月の気候値の東西平均値の海面水温と7月1日の日射条件を与え続けて6ヶ月間積分した実験結果の熱収支と渦度収支の解析を行なった。

3. 研究成果

(1) 高分解能モデルによる海面水温偏差感度実験

1987年と1988年は熱帯太平洋の海面水温偏差の東西コントラストが完全に逆転し、7月の月平均海面水温偏差で見ると、エル・ニーニョ年の前者では日付変更線付近からペルー沖にかけて熱帯太平洋の東半分が最大+2℃の正偏差域がひろがり、逆に反エル・ニーニョ年の後者ではこの海域が最大-2℃の負偏差域がひろがっていた(図1)。これらの海面水温偏差に対応して地球規模で気候に大きな変化が現われ、アジアモンスーン地帯の夏の降水量に注目すると、1987年は日本の長梅雨、中国南部の多雨、インドの干魃という特徴が見られたのに対し、1988年は中国南部は少雨、インドは活発なモンスーンで多雨になり、日本も小笠原高気圧が発達しないため盛夏期も不安定な天候が続いた(気候系監視報告¹⁾) (図2)。

数値実験は全球スペクトルモデルT63L21を使って、気象庁数値予報課で行なった1988年10月31日を初期値とする14ヶ月積分の1989年4月30日の予報値を出発値として、気候値の海面水温(Alexander and Mobley, 1976)²⁾に1987年と1988年のそれぞれの海面水温偏差を与えて6ヶ月間積分し(前者ENラン、後者LNラン)、モデルの気候状態と季節内変動に対する海面水温偏差の影響を比較した。

昨年度の実験でも確認されたように、モデルは梅雨やインドモンスーンのオンセットなど東アジア、南アジアの夏の季節現象を良く再現していた。モデルの海面水温偏差に対する応答は概ね良好で、例えば観測された1987年と1988年の8月のSOI(南方振動指数)はそれぞれ-1.7と+1.4であったので¹⁾、1988年は1987年に比べて海面気圧が東部熱帯太平洋でより高く西部熱帯太平洋ではより低くなっていたが、モデルの8月の月平均海面気圧のLNランのENランに対する差を見ても熱帯太平洋で同様の傾向が現われている(図3)。図4はENランとLNランの日本周辺の北緯26.11~39.17度、東経130.31~139.69度の領域で平均した6ヶ月間の日平均降水量を示したグラフであるが、両者共に6月から梅雨入りのために降水量が増加しているのがわかる。ENランでは降水量の多い状態は7月半ばまで続き、その後梅雨明けにより降水量は急減するが、LNランでは明確な梅雨明けが見られなく、現実の1988年の夏と類似している。インドの北緯10.26~20.52度、東経70.31~79.69度の領域で平均したENランとLNランの日降水量を示す図5では、前者の方が後者よりも全体の降水量がやや少なく、現実の1987年のインドの干魃と傾向としては合っているものの量的には多すぎる。次にインドモンスーンでの降水季節内変動を調べるために、図6でモデルのLNランで予測された日降水量の東経82.5~90.0度の範囲での東西平均値の緯度-時間断面図と、1988年4月~9月で観測された半旬平均等価黒体放射温度(EBBT)の東経80~90度の範囲での東西平均値の緯度-時間断面図を比較した。モデルの降水帯と観測された雲帯は共に4月の赤道付近から7月の北緯30度付近へと北上を見せているが、観測では赤道インド洋の季節内変動現象に伴う4月下旬から5月上旬にかけてと6月下旬から7月上旬にかけての赤道上での活発な対流活動域が北上してインドモンスーンの季節内変動を引き起こしているのに対し、モデルでは赤道上の対流活動域の北上は見られず大きく食い違っている。

赤道上の季節内変動現象に関しては、図7のENランにおける北緯4.7~南緯4.7度で平均した日降水量の経度-時間断面図でわかるように、モデルで予報される個々の対流活動域は赤道太平洋を常に西進している。

このことはLNランについてもあてはまる。赤道上の風については、図8でENランの200hPaの風速の東西成分の7日移動平均値を北緯3.8～南緯3.8度で平均した値の経度－時間断面図と、気象庁数値予報課作成の全球解析から求めた200hPaの風速の東西成分の7日移動平均値を北緯2.5～南緯2.5度で平均した値の経度－時間断面図を比較した。観測値に基づいた全球解析では、季節内変動に伴う約40日周期の西風域の東進が見られるが、モデルのENランでは4月から5月にかけて西半球で同様のものが微かに認められる程度に過ぎなかった。

(2) 単純化モデルによる大規模山岳の亜熱帯高気圧への影響解析実験

これまでの海陸分布を単純化させたモデルによる研究で、大陸中央部の偏西風帯より低緯度の亜熱帯地域に大規模山岳を置いた場合、海洋上に中心をおく夏半球の亜熱帯高気圧の西端部が強化されバロトロピックな構造を持つということがわかった。今年度は亜熱帯高気圧の西端部の強化のメカニズムを探るため熱収支と渦度収支の解析を行なった。まず、大規模山岳の地形による力学的効果と山岳上での潜熱の放出による熱的な効果を区別するため、冬半球は60度より、夏半球は70度より高緯度を極氷とし、赤道を挟んで南北緯度15度の熱帯を全域海洋にし、それ以外の地域では東西波数2の海陸分布の大陸上の中央部の経度、緯度35度を中心とする地点から東西約40度、南北約20度の範囲で高度3000mの山岳を仮定したもの(TIBETラン)、同様の地形条件で山岳上での降水を無くしたもの(TBTNRラン)、同様の地形条件で山岳の高度を1000mにしたもの(HILLラン)、全く山岳の無いもの(WV2EQOラン)の4種類の地表面条件で7月の東西平均海面水温と日射条件を固定して6ヶ月積分し、最後の30日間を解析した。図9はそれらの最後の30日平均850hPa等圧面高度を示している。WV2EQOランに比べその他の3つは亜熱帯高気圧の西端部が強化されているが、TIBETランが最も顕著である。図10は4種類の実験の北緯35度での30日平均質量流速の東西鉛直断面図である。図の枠の下斜線と波線はそれぞれ大陸と海洋の地表面条件を表している。WV2EQOランのみが大陸東岸で上昇流場になっており、その他の場合は大陸東岸に下降流場が見られる。この大陸東岸の下降流場は現実の大気の亜熱帯高気圧の西端部にも見られる特徴である。下降流はTIBETランが最も強く、TBTNRランは山岳のすぐ傍にのみ限定され、HILLランでは全体に強度が弱い。図11はTIBETランの500hPaにおける最後の30日間で平均した等圧面高度、非断熱加熱率、水平温度移流、鉛直温度移流を表している。図中の「*」印は高度1000m以上の格子点を示している。500hPaでは亜熱帯高気圧は大規模山岳に西端部を接しており、そこには独立した高気圧性循環が見られる。ここでは非断熱加熱は弱い冷却となっていて、亜熱帯高気圧の西端部の南半分では水平方向には寒気移流、北半分で暖気移流になっている。これは高気圧の中で水蒸気の凝結が抑制されていること、大規模山岳の周辺の高温域に向かって南側では海洋から比較的低温の東風が、北側では高温域から高緯度の低温域に向かって南風が吹くためである。これらの要素に対抗するため亜熱帯高気圧の西端部の中央部及び南部で負の鉛直温度移流（下降流）、北辺で正の鉛直温度移流（上昇流）が発生している。亜熱帯高気圧の西端部かつ大規模山岳の東縁では、強い下降流のために対流圏中層部以下では渦管が伸張り、渦位保存による β 効果で強い南風が発生している。この強い南風は亜熱帯高気圧の西端部で局地的に高気圧性循環を強めると共に、海洋から吹き込む東風を減速させ西風に変える障壁の役割も果たしている。以上のことから、大規模山岳は上空で大量の潜熱を放出させることにより周辺の対流圏中・上層部を高温に、また対流圏中・下層部では、山岳周辺の高温部に海洋からの比較的低温の東風が吹き込み下降流を発生させ、山岳の障壁効果とあいまって東風の減速、強い南風、局地的高気圧性循環の強化をしていることがわかった。

4. 考 察

(1) 高分解能モデルによる海面水温偏差感度実験

これまでの実験で見られたモデルの熱帯地域における気候状態のずれと季節内変動現象の異常は、根本的には熱帯地域での非断熱加熱、特に積雲対流による加熱のパラメタリゼーションが誤っているからではないかと推測される。たとえば、熱帯地域の加熱をよく反映する速度ポテンシャルで見ると、図12は200hPaにおけるモデルが予測した（ENラン、LNラン）ものと、実際に1987年と1988年のに観測された7月の月平均速度ポテンシャルを比較しているが、モデルどうし、観測値どうしよりもモデルと観測値の間に熱帯・亜熱帯地域で大きな相違点が見受けられる。今後はTRMM衛星による対流活動域の直接的な非断熱加熱量の観測とも比較しながら、モデルの積雲対流パラメタリゼーションの改良を進めていく必要がある。

(2) 単純化モデルによる大規模山岳の亜熱帯高気圧への影響解析実験

今回の研究で夏半球の亜熱帯高気圧への大規模山岳の影響のメカニズムがモデルの中ではかなり明らかになった。しかし、モデルでの大規模山岳の南東側を巡る強い南西風が実際に観測されるアジアメンスーンの南西風ジェットよりもずっと北側まで吹き込む点や、チベット高気圧に対応する対流圏上部の高気圧が東側で現実よりも高緯度側にずれていることなど、現実の大気との違いをもたらす原因をよく見極めなければならない。また、亜熱帯高気圧の循環のエネルギー的な維持機構を探るためにも、渦位収支の解析を行なう必要が感じられる。

5. 引用文献

1) 気候系監視報告昭和62年版、同昭和63年版；気象庁
2) R. C. Alexander and R. L. Mobley; Mon. Wea. Rev., 104, 143(1976)

6. 成果の発表

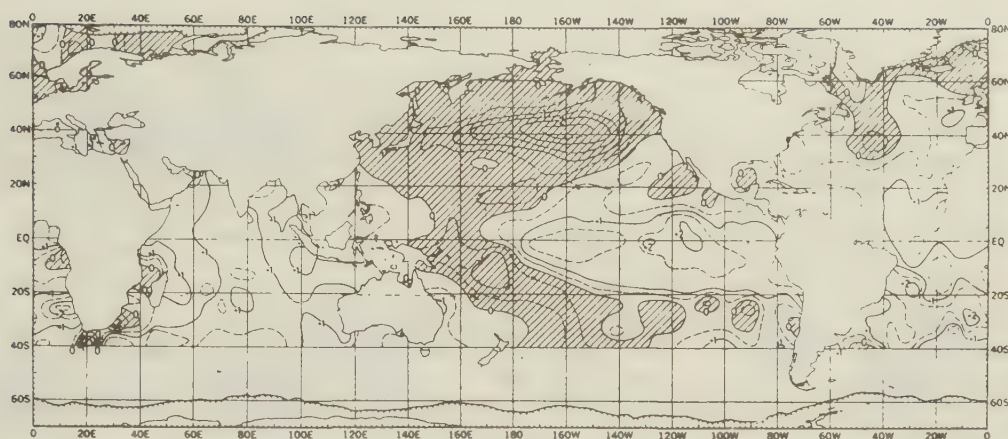
(1) 口頭発表

発表者名	発表題名	発表誌名等	備考
二階堂義信	夏半球の亜熱帯高気圧研究（その3） ー亜熱帯高気圧における大規模山岳の効果ー	日本気象学会 1991年春季大会	

7. 関係国との協力

特になし。

July 1987



July 1988

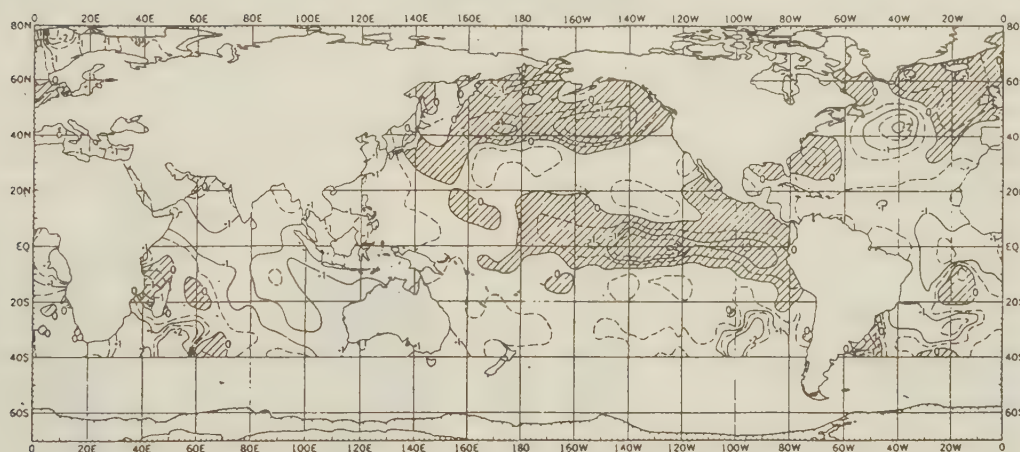
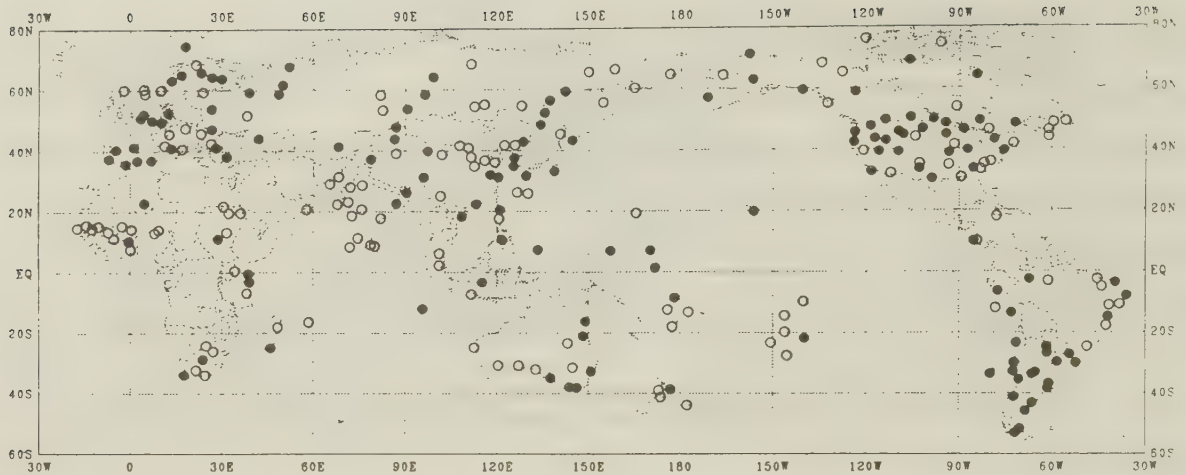


図1. 1987年と1988年の7月の月平均海面水温偏差。等値線の間隔は 1°C 、破線の補助線は等値線の間隔の中間値を表す。斜線は負偏差域。(気象庁気候系監視報告より転載)。
 Figure 1. Monthly mean SST anomalies in July 1987 and July 1988. Contour interval is 1°C . Dashed lines show additional contours of half values between main contours. Areas with negative value are shaded. (from Monthly Report on Climate System by Japan Meteorological Agency)

July 1987



July 1988

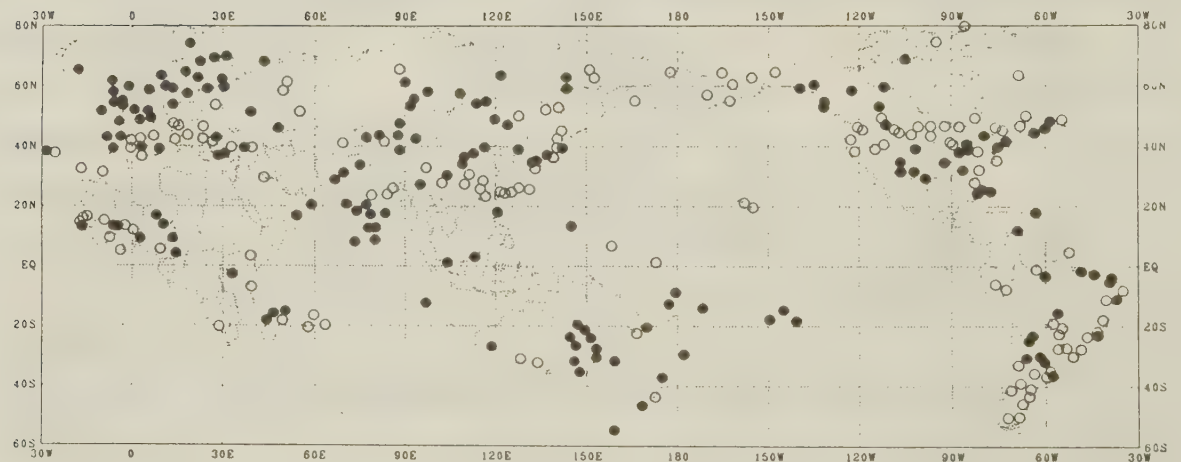


図2. 1987年と1988年の7月の月降水量の多・小雨地域分布。●は多雨、○は小雨。
(気象庁気候系監視報告より転載)。

Figure 2. Distributions of significantly heavier and lighter precipitation in July 1987 and July 1988. Symbols "●" and "○" indicate the points with heavier precipitation and lighter precipitation, respectively. (from Monthly Report on Climate System by Japan Meteorological Agency)

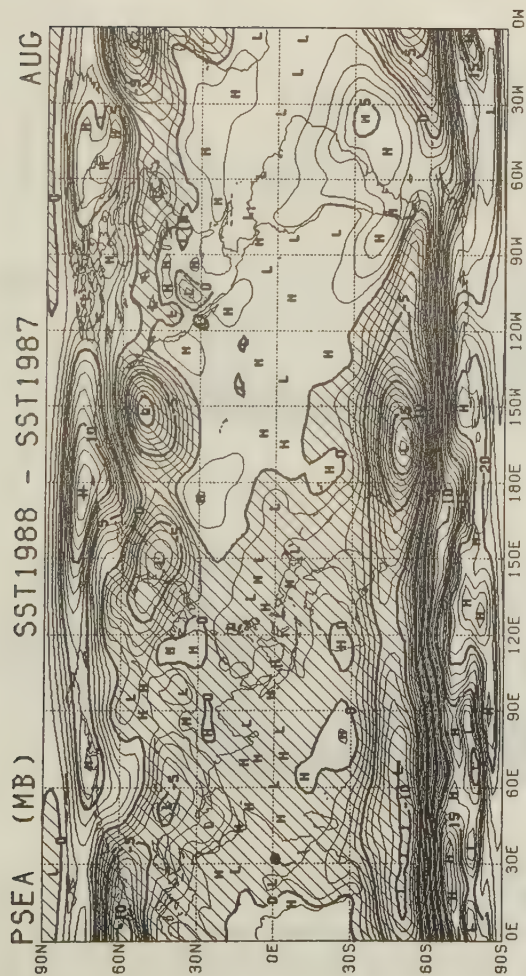


図 3. LNランのENランに対する8月の月平均海面気圧の差。等値線の間隔は1 hPa、斜線部は負の値の領域。
Figure 3. The difference of monthly mean sea level pressure in August of LN run from that of EN run. Contour interval is 1 hPa. Areas with negative value are shaded.

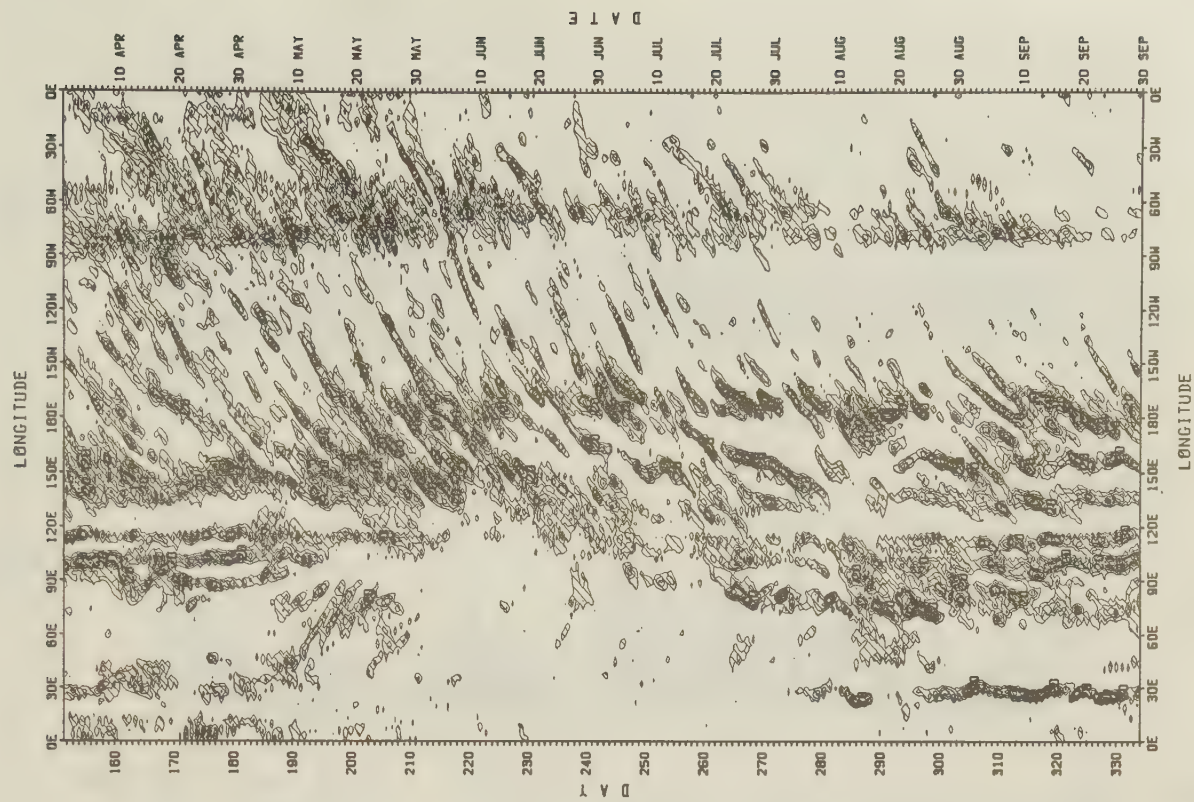


図 7. ENランの北緯4.7度～南緯4.7度の間で平均した日降水量の経度-時間断面図。等値線の間隔は5 mm。斜線部は5 mm以上の領域。
Figure 7. A time-longitude section of daily precipitation in EN run averaged within a latitudinal belt between 4.7°N and 4.7°S. Contour interval is 5 mm. Areas above 5 mm are shaded.

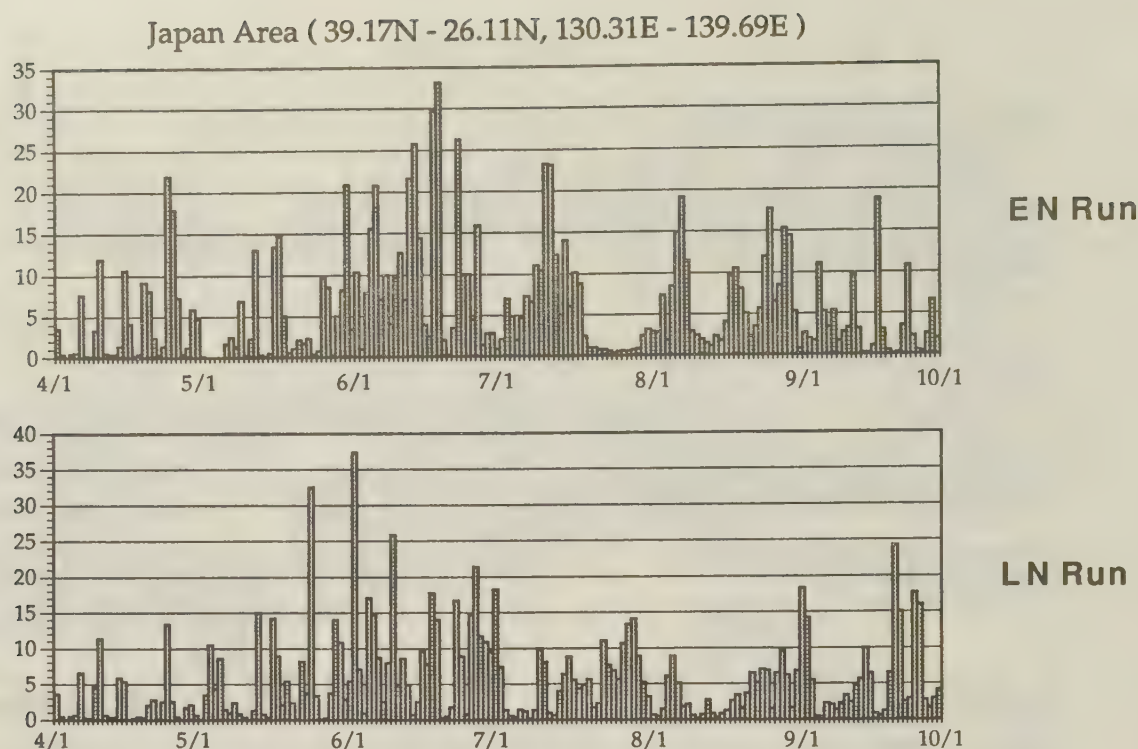


図 4 . ENランとLNランの北緯26.11度～39.17度、東経130.31度～139.69度の日本付近で平均した6ヶ月間の日降水量。縦軸の単位はmm。(上) ENラン、(下) LNラン。

Figure 4. Daily precipitations for 6 months of EN run and LN run, averaged within a region around Japan (26.11N - 39.17N , 130.31E - 139.69E). The unit of ordinate is mm. (top) EN run, (bottom) LN run.

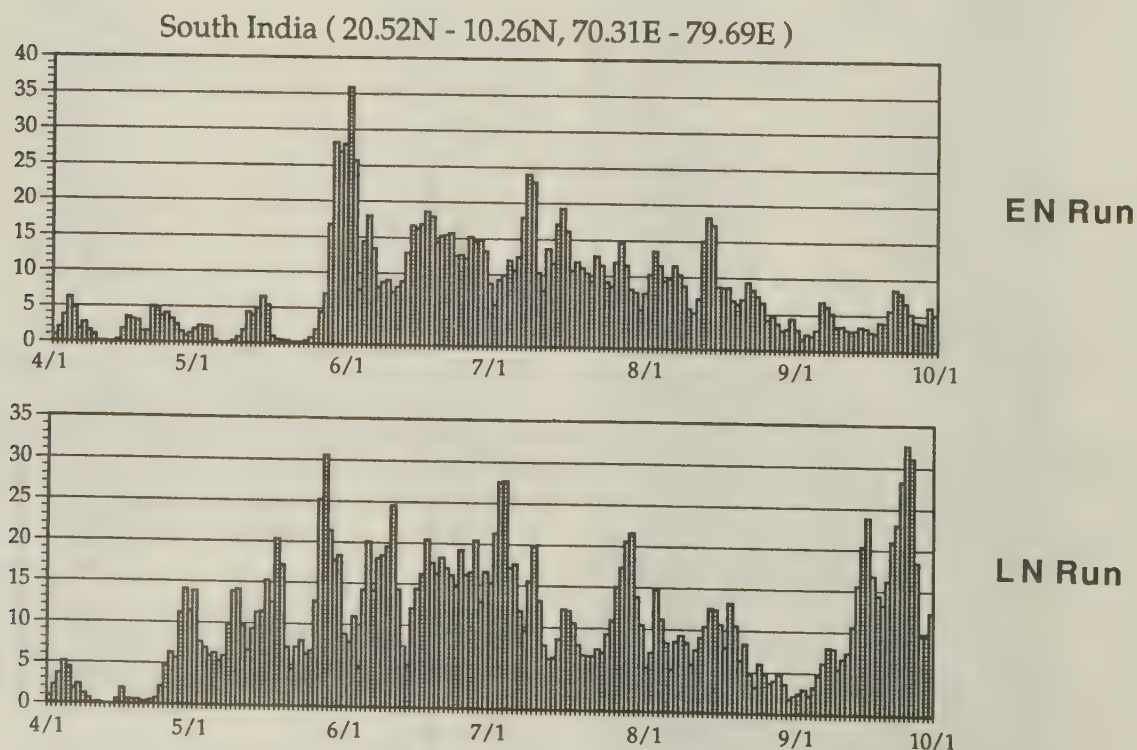
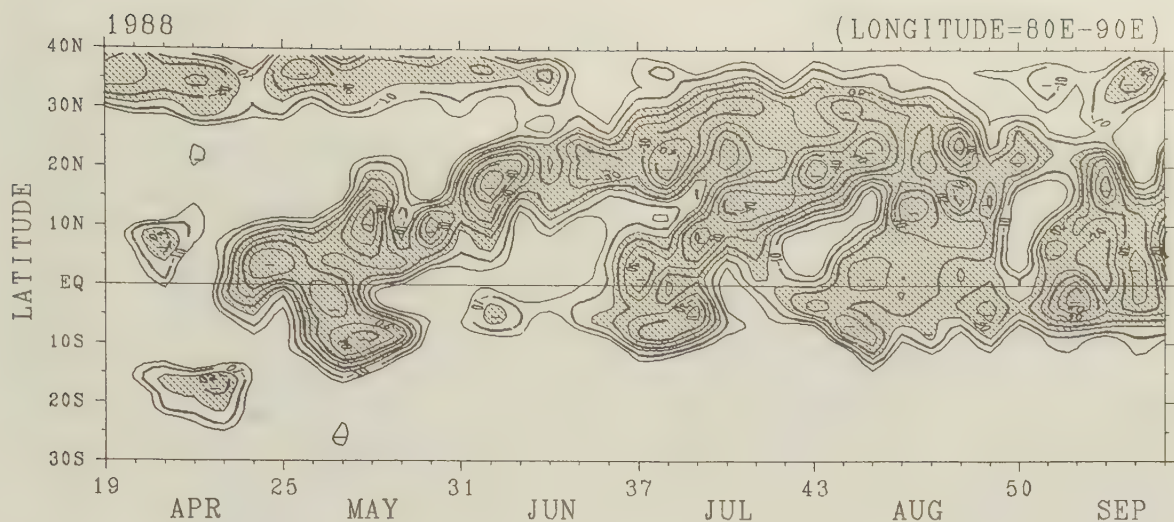


図 5 . ENランとLNランの北緯10.26度～20.52度、東経70.31度～79.69度のインドで平均した6ヶ月間の日降水量。縦軸の単位はmm。(上) ENラン、(下) LNラン。

Figure 5. Daily precipitations for 6 months of EN run and LN run, averaged over India (10.26N - 20.52N , 70.31E - 79.69E). The unit of ordinate is mm. (top) EN run, (bottom) LN run.



TIME SEQUENCE OF ZONAL MEAN PRECIPITATION (MM/DAY) (SST88)
INITIAL DATE=1988.10.31.12Z , LONGITUDE= 82.5E- 90.0E

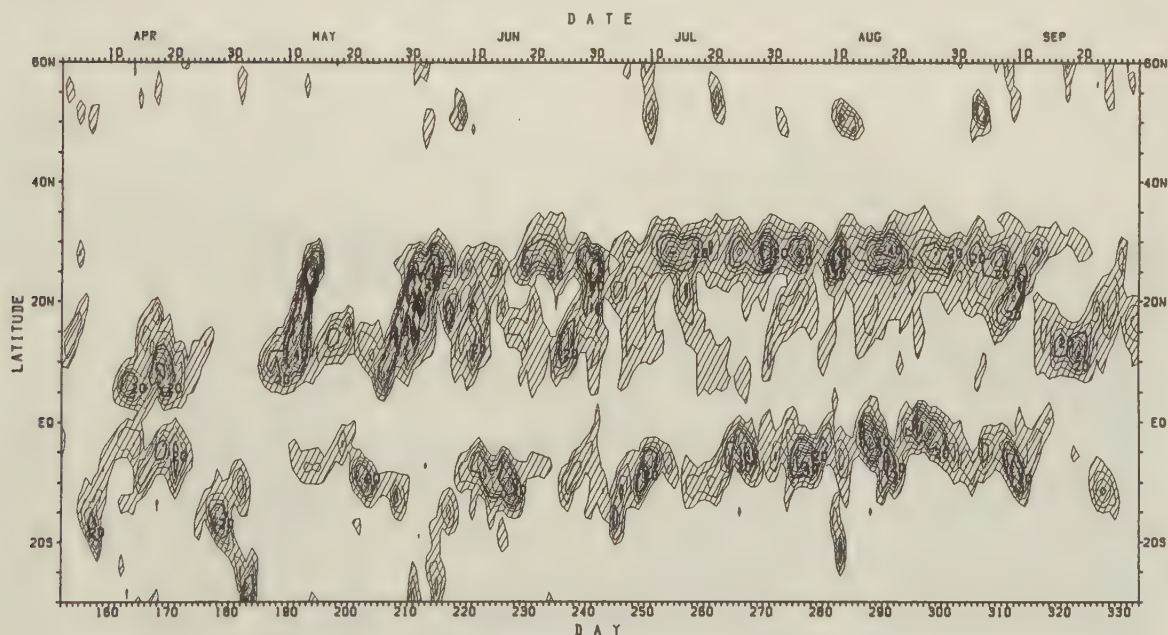
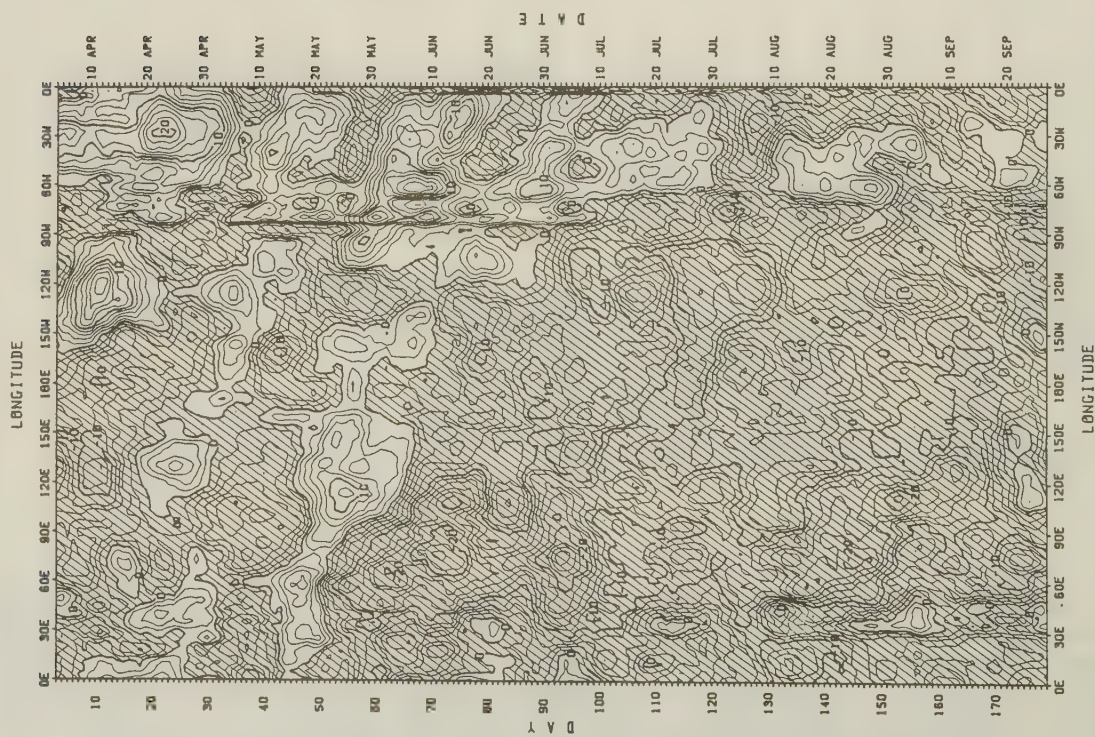


図 6. (上図) 東経80度～90度で平均した半旬平均等価黒体放射温度 (EBBT) の時間-緯度断面図。等値線の間隔は 5℃で、-5℃以上は省略。斜線部は-15℃以下の部分。(下図) LNランの東経82.5度～90.0度で平均した日降水量の時間-緯度断面図。等値線の間隔は 5 mm。斜線部は 5 mm以上の領域。

Figure 6. (top) A time-latitude section of pentad mean EBBT (Equivalent Black Body Temperature) averaged within a longitudinal belt between 80E and 90E. Contour interval is 5℃. Contours above -5℃ are suppressed. Areas below -15℃ are shaded. (bottom) A time-latitude section of daily precipitation in LN run, averaged within a longitudinal belt between 82.5E and 90.0E. Contour interval is 5mm, and areas above 5mm are shaded.

GANAL 1987



EN Run

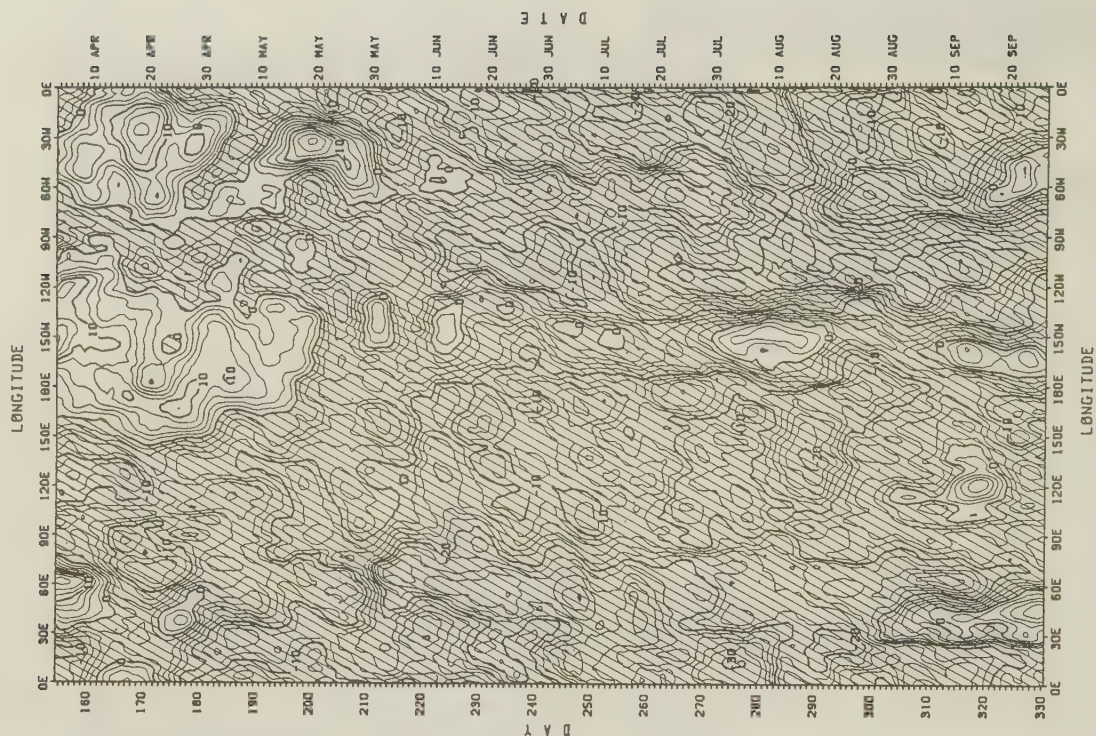
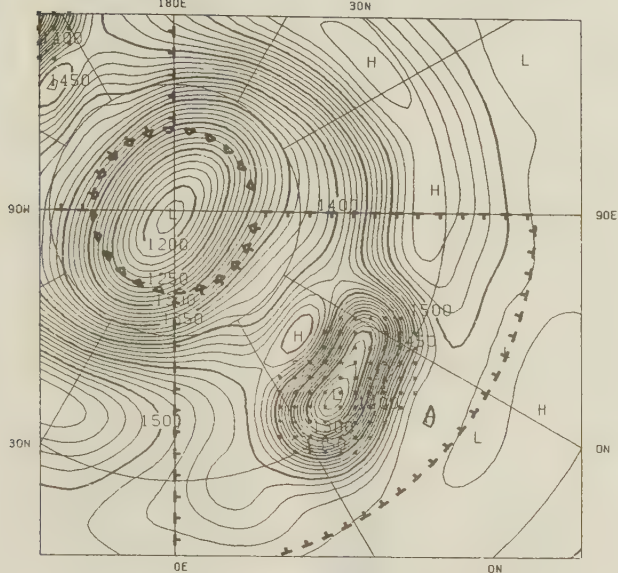


図8. (左図) 気象庁全球解析 (GANAL) の北緯2.5度～南緯2.5度で平均した200hPaの風の東西成分の7日移動平均値に関する時間-経度断面図。等値線の間隔は2m/s、斜線部は東風領域。(右図) ENランの北緯3.8度～南緯3.8度で平均したものである以外は左図と同じ。

Figure 8. (left) A time-longitude section of east-west component of 7-day running mean wind averaged within a latitudinal belt from 2.5N to 2.5S. The wind data are obtained from JMA-GANAL (Global Analysis). Contour interval is 2m/s. Areas of easterly wind are shaded. (right) The same as the left panel except that the wind data are calculated in EN run and averaged within a latitudinal belt from 3.8N to 3.8S.

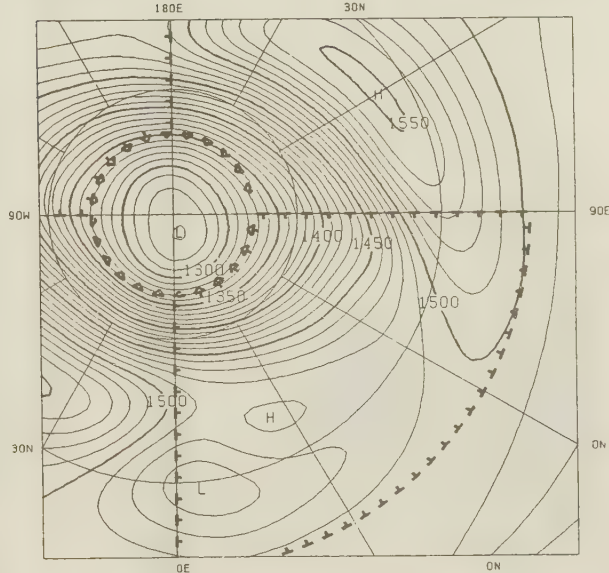
TIBET Run

Z850 MEAN DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



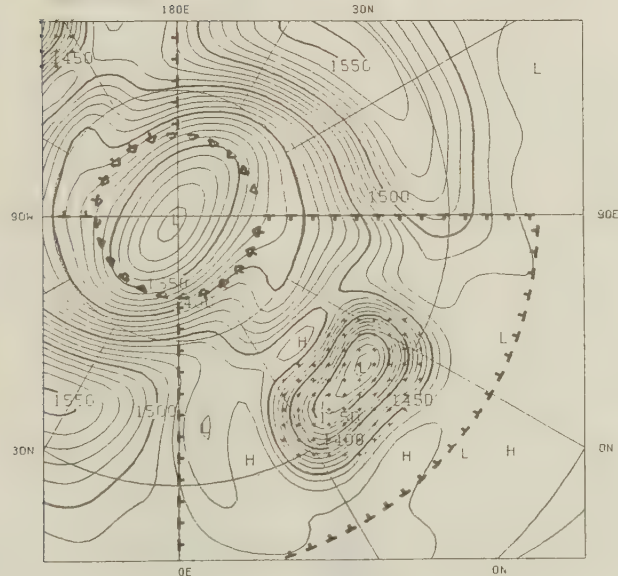
WV2EQO Run

Z850 MEAN DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



TBTNR Run

Z850 MEAN DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



HILL Run

Z850 MEAN DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987

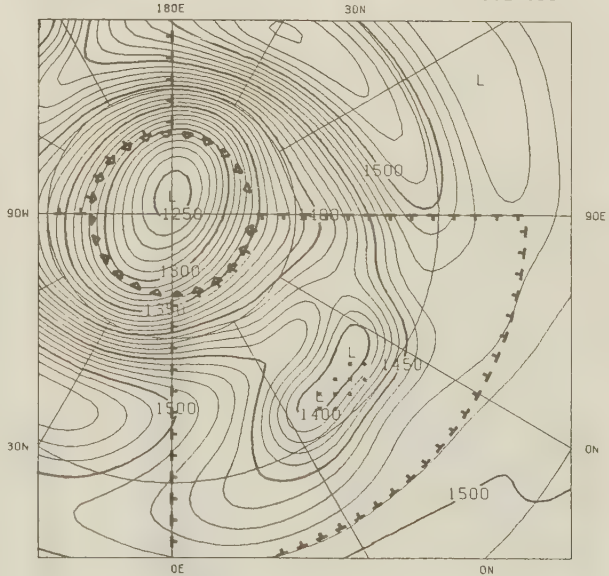
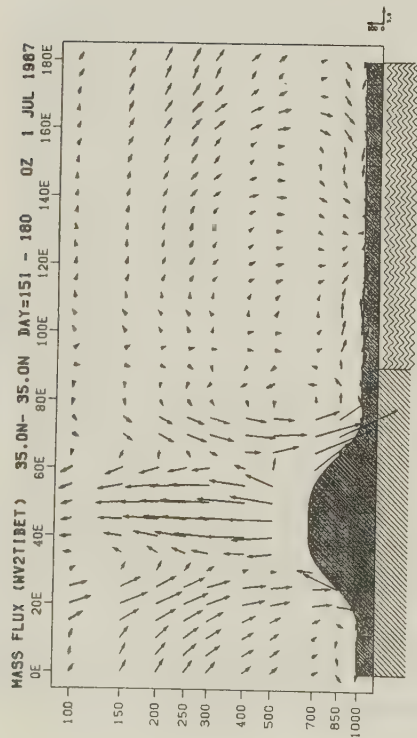


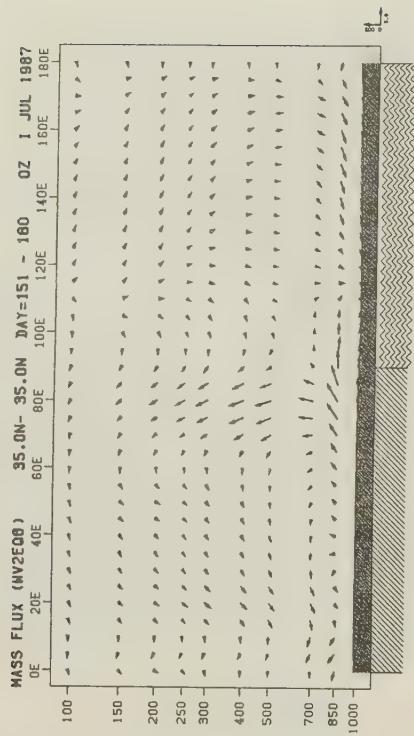
図9. TIBETラン、TBTNRラン、HILLラン、WV2EQOランの151日目から180日目の30日間平均850hPa高度。等値線の間隔は10m。「■」印及び「▲」印で囲まれた領域はそれぞれ陸地と極氷を表す。「*」印は高度1000m以上の格子点。

Figure 9. 30-day mean 850hPa geopotential heights of TIBET run, TBTNR run, HILL run and WV2EQO run. The averaged period is from the 151-st day to the 180-th day of the experiment. Regions enclosed with symbols "■" and "▲" indicate the land and the polar ice, respectively. Grid points with heights above 1000m are marked with symbols "*".

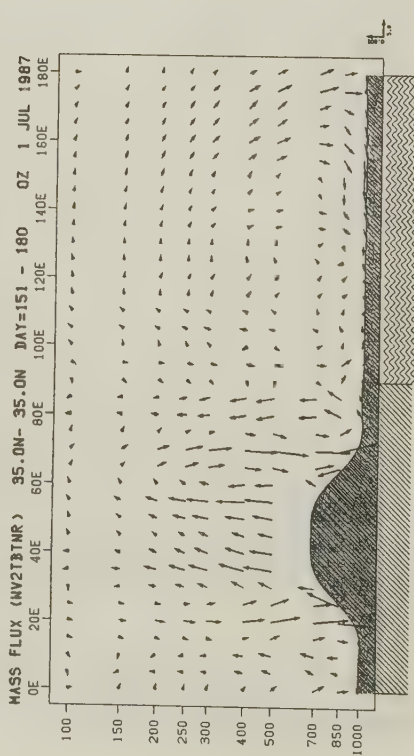
TIBET Run



WV2EQO Run



TBTNR Run



HILL Run

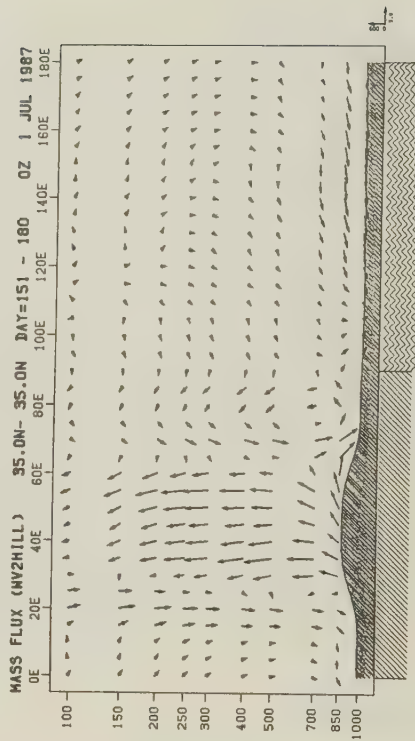
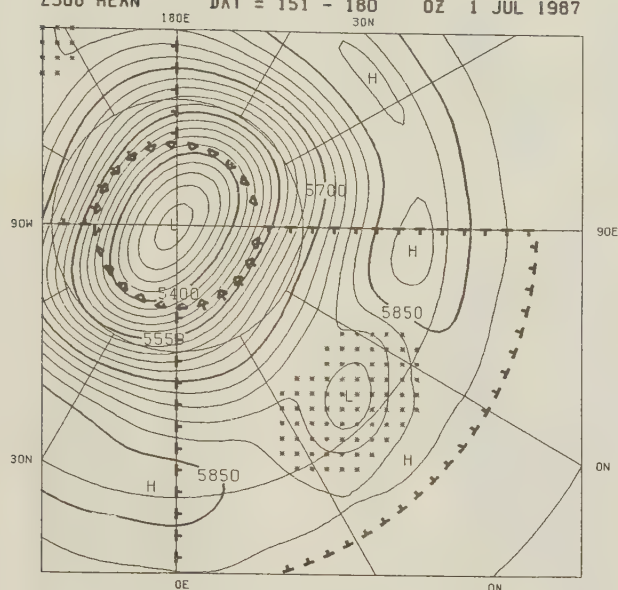


図10. TIBETラン、TBTNRラン、HILLラン、WV2EQOランの30日平均質量流れベクトル（密度×速度）の北緯35度に沿った東西鉛直断面図。平均した期間は図9と同じ。横軸は経度、縦軸は気圧。図の枠内の濃い斜線は地形を表し、枠の下の斜線と波線はそれぞれ陸地と海を表す。枠の右下の水平・鉛直方向の矢印の長さは $5.0\text{kgm/s} \cdot 0.05\text{kgm/s}$ の質量流束の大きさを示している。

Figure 10. Vertical cross sections of 30-day mean mass flux vectors of TIBET run, TBTNR run, HILL run and WV2EQO run along the latitude line at 35N. The averaged period is the same as Figure 9. The abscissa shows the longitude and the ordinate the air pressure. A dark shade in the flame of panel delineates the topography of model. A light shade and a wavy pattern beneath the flame mean the land and the sea, respectively. A horizontal (vertical) arrow at the right-bottom side of the flame indicates the magnitude of horizontal (vertical) mass flux of 5.0kgm/s (0.05kgm/s).

500 hPa Height

Z500 MEAN DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



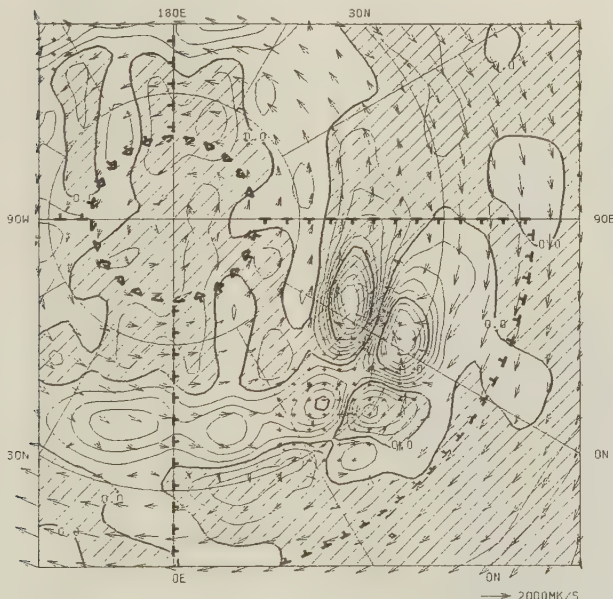
Diabatic Heating

HTOTAL (K/DAY) AT 500MB DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



Horizontal Advection

H-FLUX & H-ADV AT 500 MB DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987



Vertical Advection

V-ADVECT OF HEAT AT 500MB DAY = 151 - 180 OZ 1 JUL 1987

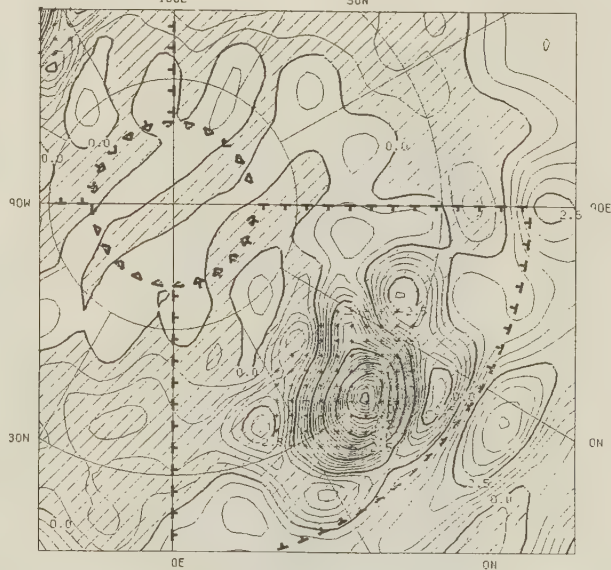
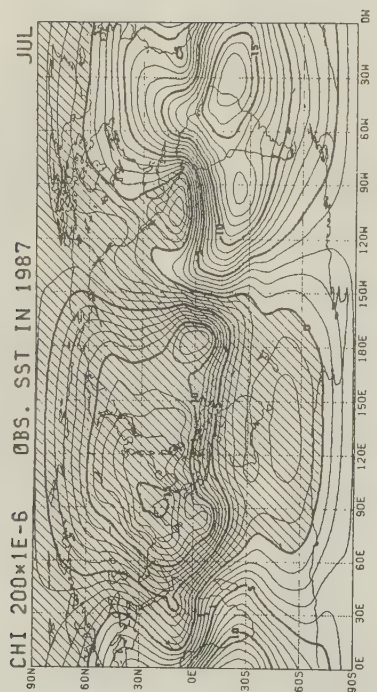


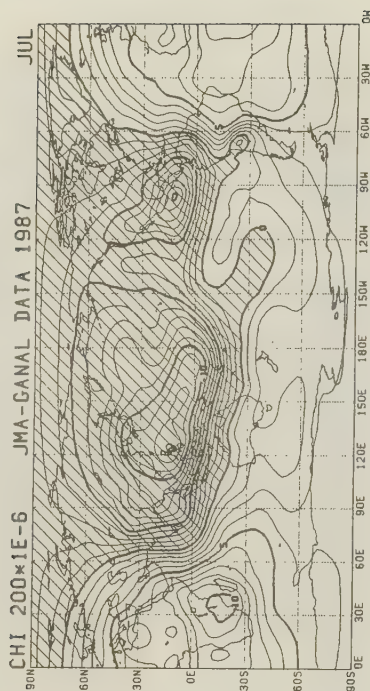
図11. TIBETランの500hPaにおける30日平均等圧面高度、非断熱加熱率、水平温度移流、鉛直温度移流。平均した期間、記号「■」、「▲」、「*」の意味は図9と同じ。等値線の間隔は等圧面高度が30m、水平温度移流が0.2K/day、その他は0.5K/day。斜線部は負値の領域。水平温度移流の図の中の矢印は水平温度フラックスで、図の下矢印の長さが2000mK/sを表す。(左上)等圧面高度、(右上)非断熱加熱率、(左下)水平温度移流、(右下)鉛直温度移流。

Figure 11. 30-day mean geopotential height, diabatic heating rate, horizontal heat advection and vertical heat advection at 500hPa in TIBET run. The averaged period, the meanings of symbols "■", "▲" and "*" are the same as Figure 9. Contour interval of the geopotential height is 30m. That of the horizontal heat advection is 0.2K/day, and those of the others are 0.5K/day. Areas with negative values are shaded. Arrows in the panel of horizontal heat advection show horizontal heat flux, and an arrow below the panel indicates the magnitude of flux of 2000K/s.

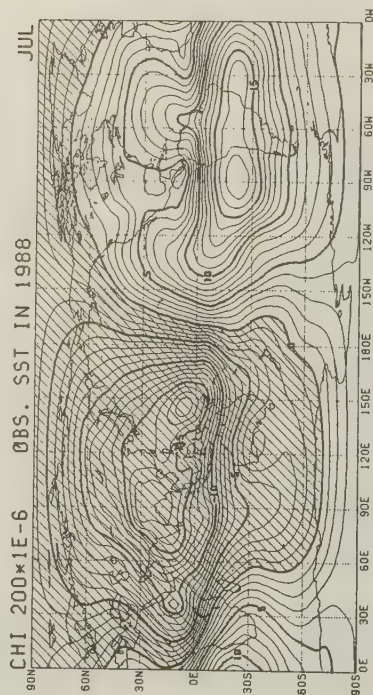
EN Run



GANAL 1987



LN Run



GANAL 1988

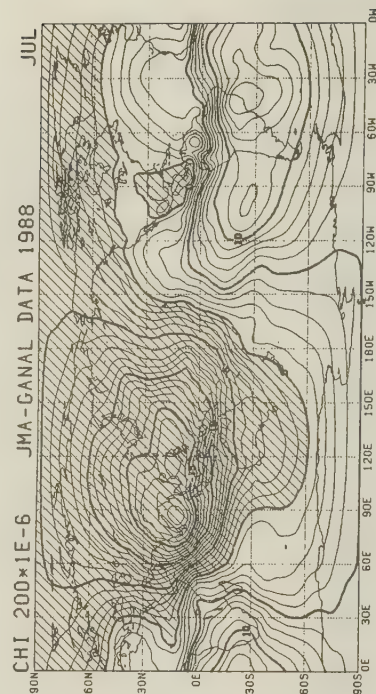


図12. ENラン、LNラン、1987年及び1988年の気象庁全球解析データ (GANAL) から求めた7月の200hPaにおける月平均速度ポテンシャル。等値線の間隔は $1 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 。斜線部は負値の領域。(左上) ENラン、(左下) LNラン、(右上) 1987年全球解析、(右下) 1988年全球解析。

Figure 12. Monthly mean velocity potentials in July calculated from EN run, LN run, JMA-GANAL (Global Analysis) in 1987 and 1988. Contour interval is $1 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$. Areas with negative values are shaded. (top-left) EN run, (bottom-left) LN run, (top-right) GANAL in 1987 and (bottom-right) GANAL in 1988.

II. 数値モデルによる実験的研究

Theoretical/Experimental Study by Numerical Simulations

3. 大規模モデルによる大気・海洋・陸面間の相互作用に関する実験的研究

Numerical Study on Air-Sea-Land Interactions in a Monsoon by GCM

気象庁気象研究所

鬼頭 昭雄、杉 正人

Meteorological Research Institute,

Japan Meteorological Agency

A. Kitoh, and M. Sugi

(Abstract) The purposes of the present study are to clarify the mechanism of air-sea-land interactions in an Asian monsoon region including the Pacific and the Indian Oceans and the Eurasian continent by performing a series of numerical experiments. For these purposes we use an atmospheric general circulation model (GCM) which includes interactive land surface processes (in the first phase of the program) and an ocean-atmosphere coupled GCM (in the second phase).

The MRI GCM has been integrated for a 20-year period using the observed sea surface temperature (SST) for the period 1970-1989. A parallel experiment with the observed SST in the tropical Pacific (20°S-20°N) and with the climatological SST in other regions is also made.

Figure 1 shows the seasonal mean precipitation simulated in the 20-year observed SST run for June-July-August (JJA). The heavy precipitation occurs over the South Arabian Sea and the Bay of Bengal. It clearly shows the larger precipitation over land compared with the surrounding oceans in the Indochina peninsula and over the islands of Indonesia and the Philippines. On the other hand, the interannual variability is larger over the ocean than over land (not shown). All areas with the standard deviation greater than 2 mm d^{-1} are situated over the oceans and not over land. It is the largest over the Bay of Bengal and the South Arabian Sea.

Figure 2 shows the JJA mean SST (or simulated ground temperature over land) and moisture flux composited for the precipitation in the Bay of Bengal. When the Bay of Bengal precipitation is large, the composite evaporation in the Bay of Bengal is significantly positive but its magnitude is much smaller than the precipitation. In fact, the standard deviation of precipitation is 1.94 mm d^{-1} in the Bay of Bengal, while that of evaporation is only 0.45 mm d^{-1} . Therefore, anomalous moisture flux convergence is responsible than the local evaporation to the interannual variability in precipitation. The SST map shows that the model precipitation in the Bay of Bengal is highly positively correlated with the western Pacific SST and negatively correlated with the eastern Pacific SST. In situ SST has a lower (and in significant) correlation. The anomalous moisture flux is characterized by a significant converging flow (when the precipitation in the Bay of Bengal is above normal) toward the maritime continent. The warmer than normal SST in the maritime continent may be responsible to the intensified monsoon circulation throughout South Asia with large anomalous precipitation over the Bay of Bengal. Moreover, the simulated precipitation in the Bay of Bengal is correlated with the observed Indian monsoon rainfall with $r = 0.42$ (not shown). A similar relationship is found in the tropical Pacific SST experiment (Fig. 3).

In summary, the model has some capability of reproducing the interannual

monsoon activities in South Asia by imposing the interannual SST variations, although the precise regional simulation, such as an Indian rainfall, has not been achieved. The positive SST anomalies in the maritime continent are favorable to the intensified South Asian summer monsoon circulation with strong surface westerlies over the north Indian Ocean.

1. 研究目的

アジアモンスーンは日本を始めとしたアジア諸国の気候形成に重要な寄与をしており、またその年々変動は、アジアモンスーン地域が地球規模の熱源の最大のものであることから、当該地域のみならず世界的規模の変動と関連する。さらに積雪等の陸面諸過程やインド洋・西部熱帯太平洋の海洋との相互作用の解明が必要である。そのために本研究では大気・海洋・陸面間の相互作用を表現しうる大規模モデルを用いてアジアモンスーンの維持・変動の機構について研究する。

2. 研究方法

前期5年間では、アジアモンスーンの維持・長周期変動に対する大気の内部分動や海面水温・陸面状態の変化の役割を明らかにするために、気候値及び年々変化する海面水温を与えて大気大循環モデルを長期間積分し、境界条件としての海面水温の評価を行う。第1年度及び第2年度においては気候値及び実測の海面水温を与えてそれぞれ20年間積分する計画であり、実測の海面水温を与えるランにおいては1969年9月から1990年2月までの20.5年間の40°Sから60°Nの各年各月の月平均海面水温を日別値に内挿して境界条件とする。さらに前期においては海面水温の感度実験や陸面過程等の感度実験を行う。後期の5年間においては大気海洋結合モデルを導入し、アジアモンスーンの維持及びその変動に対するインド洋や熱帯太平洋等の海洋との相互作用、チベット高原を含むユーラシア大陸上の積雪等の陸面諸過程と大気・海洋の相互作用の機構の解明を目指す。

3. 研究成果

1969年9月から1990年2月までの40°S-60°Nの実測海面水温を境界条件として行った20.5年積分を用いて、モンスーン循環の再現性と年々変動について解析した。

図1は6-7-8月平均の降水量である。インドモンスーン域の強雨域がおおむね再現されているが、インド洋で降水が多すぎ、逆にヒマラヤ山麓の地形性降水が少ない等の問題点が残っている。熱帯モンスーン域の20年平均の水収支から、その場の蒸発量と水蒸気収束量が同程度の大きさで降水量に寄与している領域であっても、降水量の年々変動には水蒸気収束の寄与が大きいことが分かった。

また図2に示すように、6-7-8月のシミュレートされたベンガル湾の降水量は、その場の海面水温変動とは関係がなく、むしろ西太平洋の海面水温変動とよい関係があることが分かった。西太平洋での平年より高い海面水温が南アジア全域のモンスーン循環を強め、インド洋北部の下層西風も強化されていると示唆される。インド洋北部では強いモンスーン西風に加え、インド半島を回り込みベンガル湾では南風成分を持っている。以上は年々変化する実測の海面水温を全球で与えた実験の結果であるが、同様の結果が熱帯太平洋でのみ実測海面水温を与えた実験でも得られている(図3)。

また前年度の研究により、冬季アジアモンスーンについては熱帯西部～中部太平洋の海面水温変動が東アジアジェットの南北シフトを会して10年スケールの長周期変動に寄与しているとの示唆が得られた。今回、低緯度太平洋の海面水温のみを年々変動させる追加実験により、熱帯太平洋海面水温変動が、この種の10年スケールの現象に果たす役割が確認できた。

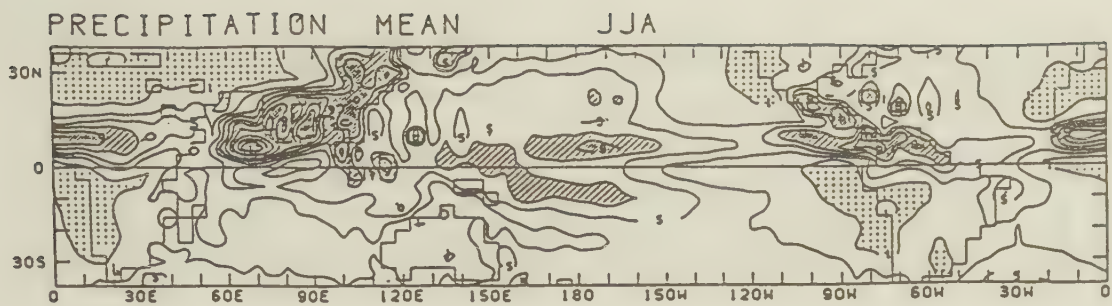


図1 モデルの20年平均の6-7-8月降水量。等値線は 2 mm d^{-1} 。7以上に斜線。
 Fig.1 Simulated JJA mean precipitation in the 20-year observed SST run.
 The contour interval is 2 mm d^{-1} . Values greater than 7 are hatched and values less than 1 are dotted.

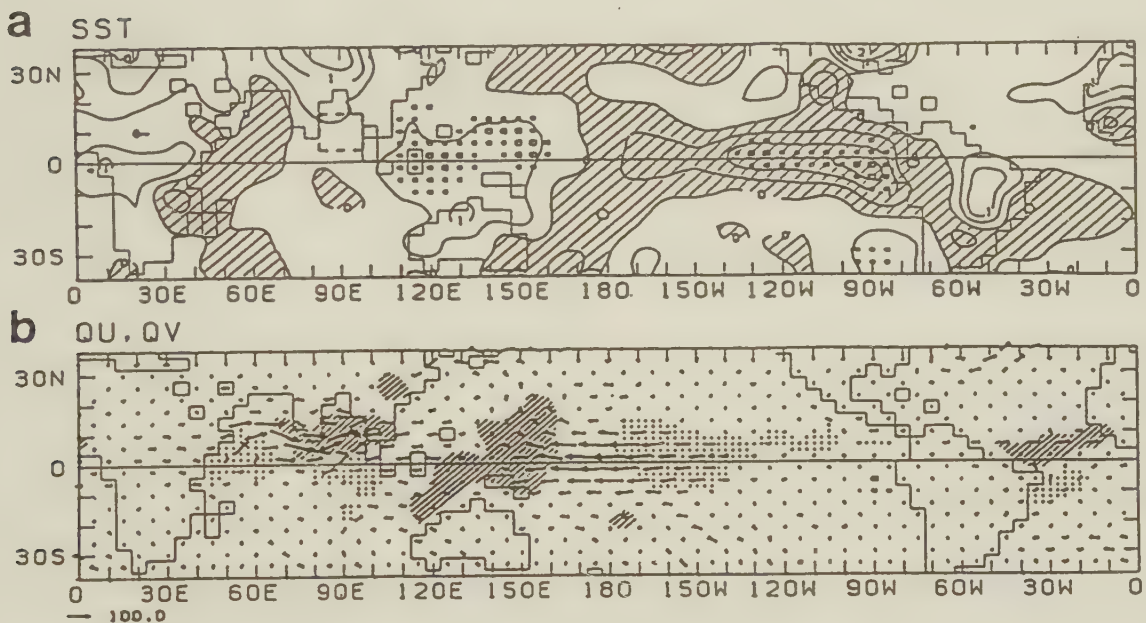


図2 モデル中のベンガル湾(85°E - 95°E , 4°N - 16°N)での6-7-8月降水量が多い3年と少ない3年の差によるコンポジット・マップ。(a)海面水温。等値線は 0.5°C 。負に斜線。(b)水蒸気フラックス。 1 mm d^{-1} 以上の収束に斜線、発散に点彩。

Fig.2 (a) The composite difference of the JJA mean SST for 3 years with the largest precipitation and 3 years with the smallest precipitation in the Bay of Bengal. The contour interval is 0.5°C . Negative values are hatched. Grid points where the simultaneous correlation between the SST anomalies and the precipitation anomalies in the Bay of Bengal is significant at the 95% level are indicated by dots. (b) As in (a) except for the moisture flux. The reference vector is $100 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Regions with moisture flux convergence greater than 1 mm d^{-1} are hatched and those less than -1 mm d^{-1} are dotted.

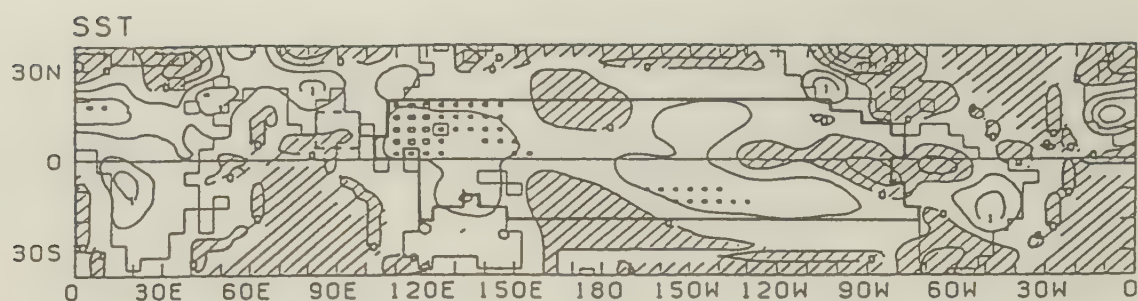


図3 図2(a)に同じ、ただし熱帯太平洋のみ実測の海面水温を与えたラン。
Fig.3 As in Fig. 2(a) except for the tropical Pacific SST run.

4. 考察

これまでの海面水温変動に応答する大気の年々変動を調べてきたが、そこでは年々変動のないいわゆる気候値の海面水温を与えた場合でも、陸面においては土壌水分・積雪をモデルで予報していることによる大気－陸面相互作用が含まれていた。この陸面過程の年々変動とモンスーン循環の変動を分離して調べる必要がある。又夏季モンスーンについては、地形に対応した降水量分布の再現には現在のモデルでは水平分解能が粗すぎるようであり、高分解能モデルを導入するなどモデルの改良を計る必要がある。

5. 引用文献

なし

6. 成果の発表

①学協会誌における発表

1)国内誌

発表者名	発表題名	発表誌名等	備考
D.V. Bhaskar Rao, K. Yamazaki , A. Kitoh	Some GCM Experiments of the Asian summer Monsoon Related to Land Boundary Conditions	Pap.Meteor.Geophys. Vol.42, No.3, 127-143	
A. Kitoh	Simulated Interannual Variations of the Indo-Australian Monsoons	J. Meteor. Soc. Japan, Vol.70, No.1B, 563-583	

②学協会誌以外における発表

1)国内誌

発表者名	発表題名	発表誌名等	備考
鬼頭昭雄	海面水温変動によるアジアモンスーンの年々変動の数値実験	平成3年度全国長期予報技術検討資料, 1-10	

鬼頭昭雄	インド／オーストラリア・モンスーンの年々変動	グロースベッター Vol.30, No.2, 48-56	
A.Kitoh	GCM Studies of the Asian Summer Monsoons at the MRI	JEXAM:Studies of Asian Monsoon in Japan and China, 111-134	

2)海外誌

発表者名	発表題名	発表誌名等	備考
A.Kitoh	Interannual Variations of the Asian Summer Monsoon in the MRI GCM	WMO/TD-No.467, p.7.64-7.65, February 1992	

③口頭発表

発表者名	発表題名	発表場所	発表日	備考
A.Kitoh	Decade scale variation of the wintertime Northern Hemisphere extratropics in an atmospheric GCM forced by the observed SST	CCCC シンポジウム「気候変動と海洋」	1991年 4月	
A.Kitoh	Decade scale variation of the wintertime Northern Hemisphere extratropics related to the meridional shift of the Pacific subtropical jet in an atmospheric GCM forced by the 1970-1989 SST	アメリカ気象学会、Fifth Conference on Climate Variations	1991年 10月	
A.Kitoh	Simulated interannual variations of the Indo-Australian monsoons	MONEG workshop	1991年 10月	
鬼頭昭雄	大気大循環モデルにおける年々変動と海面水温変動	WCRP シンポジウム	1991年 11月	
鬼頭昭雄	大気・海洋の10年スケールの変動について	海洋気象学会シンポジウム	1991年 12月	

7. 関係国との協力 なし

Ⅲ．観測・解析研究ディレクトリー

Directory of
Observation/Analysis Data Set

1.Directory Entry Title XBT observation between South China Sea and Persian Gulf			
2.Directory Entry Start and Stop Date Start Date: 1990-10-07 Stop Date :			
3.Sensor Name XBT>Expendable Bathythermograph			
4.Source Name >Kashimasan Maru			
5.Investigater, Technical Contact, and Author			
(1) Investigator	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	: Ando	Tadashi	
Email	: JMA.OCEAN(OMNET)		
Phone	: +81-3-3212-8341 Ext.5135		
Address	: Oceanographic Division Marine Department, Japan Meteorological Agency 1-3-4, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100 JAPAN		
(2) Technical Contact			
Name	: Yoshida	Takashi	
Email	:		
Phone	: +81-3-3212-8341 Ext.5129		
Address	: Oceanographic Division Marine Department, Japan Meteorological Agency 1-3-4, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100 JAPAN		
6.Data Center			
(1) Data Center Name: TOGA Subsurface Data Center			
(2) Dataset ID:			
(3) Data Center Contact			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	: Rebert	Jean	Paul
Email	: ORSTOM.BREST		
Phone	: +33-98-22-45-01		
Address	: Centre ORSTOM de Brest B.P.70, 29280 Plouzane FRANCE		
7.Originating Center			
8.Campaign or Project			
Campaign: TOGA>Tropical Oceans and Global Atmosphere			
Campaign: WOCE>World Ocean Circulation Experiment			
9.Storage Medium magnetic disks			

10.Parameter Measured Ocean Dynamics>Temperature
11.Discipline Keywords Earth Science>Ocean
12.Coverage Minimum Latitude : 5N Maximum Latitude : 23N Minimum Longitude: 60E Maximum Longitude: 121E
13.Location Keywords Indian Ocean
14.General Keywords
15.Revision Date
16.Science Review Date
17.Future Review Date
18.References
19.Summary Japan Meterological Agency is operating a voluntary ship for XBT observations at South China Sea, Malacca Strait to Sri Lanka, to the Persian Gulf. The ship, Kashimasan Maru is a crude oil tanker. About 12 transects per year and 4 casts a day are observed.

1.Directory Entry Title			
XBT observation between Malacca Strait and Cape of Good Hope			
2.Directory Entry Start and Stop Date			
Start Date: 1990-02-25			
Stop Date :			
3.Sensor Name			
XBT>Expendable Bathythermograph			
4.Source Name			
>Delmas Tourville			
5.Investigator, Technical Contact, and Author			
(1) Investigator	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name :	Ando	Tadashi	
Email :	JMA.OCEAN(OMNET)		
Phone :	+81-3-3212-8341 Ext.5135		
Address :	Oceanographic Division		
	Marine Department, Japan Meteorological Agency		
	1-3-4, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100		
	JAPAN		
Name :	Rebert	Jean	Paul
Email :	ORSTOM.BREST		
Phone :	+33-98-22-45-01		
Address :	Centre ORSTOM de Brest		
	B.P.70, 29280 Plouzane		
	FRANCE		
(2) Technical Contact			
Name :	Kumamoto	Mariko	
Email :	JMA.OCEAN(OMNET)		
Phone :	+81-3-3212-8341 Ext.5135		
Address :	Oceanographic Division		
	Marine Department, Japan Meteorological Agency		
	1-3-4, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100		
	JAPAN		
6.Data Center			
(1) Data Center Name: TOGA Subsurface Data Center			
(2) Dataset ID:			
(3) Data Center Contact			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name :	Rebert	Jean	Paul
Email :	ORSTOM.BREST		
Phone :	+33-98-22-45-01		
Address :	Centre ORSTOM de Brest		
	B.P.70, 29280 Plouzane		
	FRANCE		
7.Originating Center			

8.Campaign or Project Campaign: TOGA>Tropical Oceans and Global Atmosphere Campaign: WOCE>World Ocean Circulation Experiment
9.Storage Medium magnetic disks
10.Parameter Measured Ocean Dynamics>Temperature
11.Discipline Keywords Earth Science>Ocean
12.Coverage Minimum Latitude : 28S Maximum Latitude : 5N Minimum Longitude: 40E Maximum Longitude: 94E
13.Location Keywords Indian Ocean
14.General Keywords
15.Revision Date
16.Science Review Date
17.Future Review Date
18.References
19.Summary Japan Meterological Agency and ORSTOM Brest are operating a voluntary ship for XBT observations cooperatively on TWI Line No. IX6. The ship, Delmas Tourville is equipped with a XBT launcher and a satellite transmitter by ORSTOM Brest, and JMA provides T-6 XBT probes. About 8 transects per year and 4 casts a day are observed.

1.Directory Entry Title : JEXAM Drifting Buoy Data in tropical Indian Ocean
2.Directory Entry Start and Stop Data Start Date : 1990-02-02 Stop Date :
3.Sensor Name : Surface Drifter with SST Sensor
4.Source Name : ARGOS
5.Investigator, Technical Contact, and Author (1)Investigator Last Name : Michida First Name : Yutaka Email : Telemail > [T.MORI/OMNET] Phone : Tokyo 03-3541-3811, Facsimile 03-3545-2885 Address : 5-3-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 104 (2)Technical Contact Last Name : Michida First Name : Yutaka Email : Telemail > [T.MORI/OMNET] Phone : Tokyo 03-3541-3811, Facsimile 03-3545-2885 Address : 5-3-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 104 (3)Author Last Name : Michida First Name : Yutaka Email : Telemail > [T.MORI/OMNET] Phone : Tokyo 03-3541-3811, Facsimile 03-3545-2885 Address : 5-3-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 104
6.Data Center (1)Data Center Name : JODC > Japan Oceanographic Data Center (2)Dataset ID : (3)Data Center Contact Last Name : Yamada First Name : Osamu Email : Telemail > [T.MORI/OMNET] Phone : Tokyo 03-3541-3811, Facsimile 03-3545-2885 Address : 5-3-1, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, Japan, 104
7.Originating Center
8.Campaign or Project Project : JEXAM > Japanese EXperiment on Asian Monsoon

9.Storage Medium : 1 magnetic tape, 2 Mbytes
10.Parameter Measured : Location Data, SST
11.Discipline Keywords Earth Science > Tropical Indian Ocean > Oceanic Current
12.Coverage Minimum Latitude : 27 S Maximum Latitude : 6 N Minimum Longitude : 45 E Maximum Longitude : 111 E
13.Location Keywords Indian Ocean > Tropical Region
14.General Keywords : Heat transport
15.Revision Date : 1992-04-30
16.Science Review Date
17.Future Review Date
18.References
19.Summary

1. Directory Entry title: Observational study on Hydrologic Variations in Tibet-Himalaya Area
2. Directory Entry Start and Stop Data: Start Date : Undecided Stop Date : Undecided
3. Sensor Name Snow weight•Frost depth Data Collection Platform (S•F-DCP)
4. Source Name The data source refer to the S•F-DCP
5. Investigator, Technical Contact, and Author (1) Investigator, Last Name : Kimura First Name : Tadashi Email : Phone : 0233-22-7550 Address : 1440 Tokamachi, Shinjo, Yamagata-ken, 996, Japan (2) Technical Contact Last Name : Kimura First Name : Tadashi Email : Phone : 0233-22-7550 Address : 1440 Tokamachi, Shinjo, Yamagata-ken, 996, Japan (3) Author Last Name : Kimura First Name : Tadashi Email : Phone : 0233-22-7550 Address : 1440 Tokamachi, Shinjo, Yamagata-ken, 996, Japan
6. Data Center (1) Data Center Name : NIED (2) Dataset ID : (3) Data Center Contact Last Name : Kimura

First Name : Tadashi
Phone : 0233-22-7550
Adress : 1440 Tokamachi, Shinjo, Yamagata-ken, 996, Japan
7. Originating Center NIED
8. Campaign or Project Project : JEXAM
9. Storage Medium Undecided (maybe FD or MO)
10. Parameter Measured Weight of snowpack, Frost depth, Ground surface temperature
11. Discipline Key words Hydrometeorological data
12. Coverage Undecided
13. Lokation Keywords Tibet, Undecided, China
14. Genneral Keywords Snow weight and Frost depth
15. Revision Data
16. Science Revies Data
17. Future Revies Data
18. References
19. Summary All data are stored by data logging instuments equipped in S-F-DCP. Stored data will be gathered with almost one year intervals. These data are restricted only to cooperative workers.

1. Directory Entry Title :	JEXAM-91 Doppler radar data on convective cloud in cloud clusters
2. Directory Entry Start and Stop Date	Start Date : 1991-08-07 Stop Date : 1991-10-01
3. Sensor Name	3-cm Doppler radar
4. Source Name	3-cm Doppler radar of Meteorological Research Institute, Japan
5. Investigator, Technical Contact, and Author	(1) Investigator Last name : Sakakibara First name : Hitoshi Email : Phone : 0298-51-7111 , Facsimile : 0298-51-1449 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (2) Technical Contact Last name : Tabata First name : Akira Email : Phone : 0298-51-7111 , Facsimile : 0298-51-1449 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (3) Author Last name : Sakakibara First name : Hitoshi Email : Phone : 0298-51-7111 , Facsimile : 0298-51-1449 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan
6. Data Center	(1) Data Center Name : M R I > Meteorological Research Institute (2) Dataset ID : MIYAK091 (3) Data Center Contact Last Name : Sakakibara First Name : Hitoshi Email : Phone : 0298-51-7111 , Facsimile : 0298-51-1449 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan
7. Originating Center	M R I
8. Campaign or Project	J E X A M > Japanese Experiment on Asian Monsoon

9. Storage Medium	20 magnetic tapes, 2.0 G Bytes
10. Parameter Measured	Atmospheric Dynamics>Precipitation Atmospheric Dynamics>Winds
11. Discipline Keywords	Earth Science>Atmosphere
12. Coverage	Minimum Latitude : 24 N Maximum Latitude : 25 N Minimum Longitude: 125 E Maximum Longitude: 126 E
13. Location Keywords	Asia > Japan > Okinawa > Miyakojima
14. General Keywords	Typhoon
15. Revision Date	1992-03-31
16. Science Review Date	1992-03-31
17. Future Review Date	
18. References	
19. Summary	This dataset contains reflectivity and Doppler velocity (mean and spectrum width) data of the 3-cm Doppler radar of M.R.I., Japan. The spectrum width data, however, was of low quality. Cloud clusters associated with two typhoons (Typhoon 9110 and 9119) and one tropical storm were observed at Miyakojima Island during the observation period in 1991. Range of observation was 64km from the radar. This dataset is available only to research institutes which conduct cooperate research with M.R.I. until 1995.

1. Directory Entry Title :	GMS IR Histogram
2. Directory Entry Start and Stop Date	Start Date : 1991-01-01 Stop Date : 1991-12-31
3. Sensor Name	VISSR
4. Source Name	GMS
5. Investigator, Technical Contact, and Author	(1) Investigator Last name : Murakami First name : Masato Email : [M. MURAKAMI/MRI]ATI/JAPAN Phone : +81-298-51-7111 Address : M. R. I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (2) Technical Contact Last name : Sasaki First name : Hideyuki Email : Phone : Address : Meteorological Satellite Center, Tokyo, Japan (3) Author Last name : First name : Email : Phone : Address :
6. Data Center	(1) Data Center Name : M R I > Meteorological Research Institute (2) Dataset ID : (3) Data Center Contact Last Name : First Name : Email : Phone : Address :
7. Originating Center	
8. Campaign or Project	J E X A M > Japanese Experiment on Asian Monsoon

9. Storage Medium	
130 CCT's	13 G Bytes
10. Parameter Measured	
Earth Radiative Process > IR equivalent black body temperature	
11. Discipline Keywords	
Earth Science > Atmosphere	
12. Coverage	
Minimum Latitude:	50S
Maximum Latitude:	50N
Minimum Longitude:	80E
Maximum Longitude:	160W
13. Location Keywords	
Western Pacific	
14. General Keywords	
15. Revision Date	
16. Science Review Date	
17. Future Review Date	
18. References	
19. Summary	
Available on the basis of cooperative research	

1. Directory Entry Title :	Gridded Brightness Temperature from NOAA-9 AVHRR
2. Directory Entry Start and Stop Date	Start Date : 1986-07-01~1986-07-31 Stop Date : 1988-07-01~1988-07-31
3. Sensor Name	AVHRR > Advanced Very High Resolution Radiometer
4. Source Name	NOAA-9
5. Investigator, Technical Contact, and Author	(1) Investigator Last name : Inoue First name : Toshiro Email : Phone : +81-298-51-7111 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (2) Technical Contact Last name : First name : Email : Phone : Address : (3) Author Last name : First name : Email : Phone : Address :
6. Data Center	(1) Data Center Name : M R I > Meteorological Research Institute (2) Dataset ID : (3) Data Center Contact Last Name : First Name : Email : Phone : Address :
7. Originating Center	
8. Campaign or Project	J E X A M > Japanese Experiment on Asian Monsoon

9. Storage Medium	1 MT, 100 M Bytes
10. Parameter Measured	Brightness Temperature of Split Window
11. Discipline Keywords	Earth Science
12. Coverage	Minimum Latitude : 40°S Maximum Latitude : 40°N Minimum Longitude: 40°E Maximum Longitude: 140°E
13. Location Keywords	Indian Ocean, South Asia
14. General Keywords	
15. Revision Date	
16. Science Review Date	
17. Future Review Date	
18. References	
19. Summary	This data set contains brightness temperature of split window data and satellite zenith angle data from AVHRR. These data are available at 0.1° latitude/longitude grid.

1. Directory Entry Title : NOAA GAC
2. Directory Entry Start and Stop Date Start Date : 1986-07-01~1986-07-31 Stop Date : 1988-07-01~1988-07-31
3. Sensor Name AVHRR > Advanced Very High Resolution Radiometer
4. Source Name NOAA-9
5. Investigator, Technical Contact, and Author (1) Investigator Last name : Inoue First name : Toshiro Email : Phone : +81-298-51-7111 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (2) Technical Contact Last name : First name : Email : Phone : Address : (3) Author Last name : First name : Email : Phone : Address :
6. Data Center (1) Data Center Name : M R I > Meteorological Research Institute (2) Dataset ID : (3) Data Center Contact Last Name : First Name : Email : Phone : Address :
7. Originating Center
8. Campaign or Project J E X A M > Japanese Experiment on Asian Monsoon

9. Storage Medium	14 MTs, 1.4 G Bytes
10. Parameter Measured	Radiance
11. Discipline Keywords	Earth Science
12. Coverage	Minimum Latitude : 40° S Maximum Latitude : 40° N Minimum Longitude: 40° E Maximum Longitude: 140° E
13. Location Keywords	Indian Ocean, South Asia
14. General Keywords	
15. Revision Date	
16. Science Review Date	
17. Future Review Date	
18. References	
19. Summary	This data sets contain five channel data in visible and infared region of AVHRR.

1. Directory Entry Title :	Gridded Brightness Temperature from INSAT
2. Directory Entry Start and Stop Date	Start Date : 1991-05-01 Stop Date : 1991-09-30
3. Sensor Name	VHRR
4. Source Name	INSAT
5. Investigator, Technical Contact, and Author	(1) Investigator Last name : Takahashi First name : Kiyotoshi Email : Phone : +81-298-51-7111 Address : M.R.I., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan (2) Technical Contact Last name : First name : Email : Phone : Address : (3) Author Last name : First name : Email : Phone : Address :
6. Data Center	(1) Data Center Name : M R I > Meteorological Research Institute (2) Dataset ID : INSAT1R-910505 (3) Data Center Contact Last Name : First Name : Email : Phone : Address :
7. Originating Center	Indian Meteorological Department
8. Campaign or Project	J E X A M > Japanese Experiment on Asian Monsoon

9. Storage Medium	1 Magnetic Tape
10. Parameter Measured	Earth Radiative Process > Brightness Temperature
11. Discipline Keywords	Earth Science > Atmosphere
12. Coverage	Minimum Latitude : 60°S Maximum Latitude : 60°N Minimum Longitude: 40°E Maximum Longitude: 120°W
13. Location Keywords	Indian Ocean
14. General Keywords	El Nino phase
15. Revision Date	1992-02-04
16. Science Review Date	
17. Future Review Date	
18. References	
19. Summary	This dataset is a 3 hourly 1°x1°mean TBB file observed by INSAT

1.Directory Entry Title: Daily rainfall in Japan			
2.Directory Entry Start and Stop Date			
Start Date: 1961-01-01		1990-12-31	
3.Sensor Name			
4.Source Name			
5.Investigator, Technical Contact, and Author			
(1) Investigator			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	:	Tanaka	Minoru
Email	:		
Phone	:	0298-51-7111 Ext.520	
Address	:	MRI. , 1-1 Nagamine,Tsukuba Shi,Ibaraki 305,JAPAN	
(2) Technical Contact			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	:		
Email	:		
Phone	:		
Address	:		
(3) Author			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	:		
Email	:		
Phone	:		
Address	:		
6.Data Center			
(1) Data Center Name: MRI>Meteorological Research Institute			
(2) Dataset ID:			
(3) Data Center Contact			
	(Last name)	(First Name)	(Middle Name)
Name	:		
Email	:		
Phone	:		
Address	:		
7.Originating Center			
8.Campaign or Project J E X A M>Japanese Experiment on Asian Monsoon			

9.Storage Medium	1 Magnetic tape
10.Parameter Measured	Atmospheric Dynamics>precipitation
11.Discipline Keywords	Earth Science > Atmosphere
12.Coverage	23N Minimum Latitude : Maximum Latitude : 46N Minimum Longitude: 122E Maximum Longitude: 150E
13.Location keywords	Asia
14.General Keywords	Precipitation
15.Revision Date	1991-07-08
16.Science Review Date	1991-07-08
17.Future Review Date	
18.References	
19.Summary	Daily rainfall data for 119 stations in Japan from 1961 to 1990. (22MB) Available on the basis of cooperative research

全般の問い合わせ先

〒100 東京都千代田区霞ヶ関2-2-1

科学技術庁研究開発局
総合研究課
地球科学技術推進室

Inquiries to:

Office of Earth Science & Technology,
Research and Development Bureau,
Science and Technology Agency,
2-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100
Japan